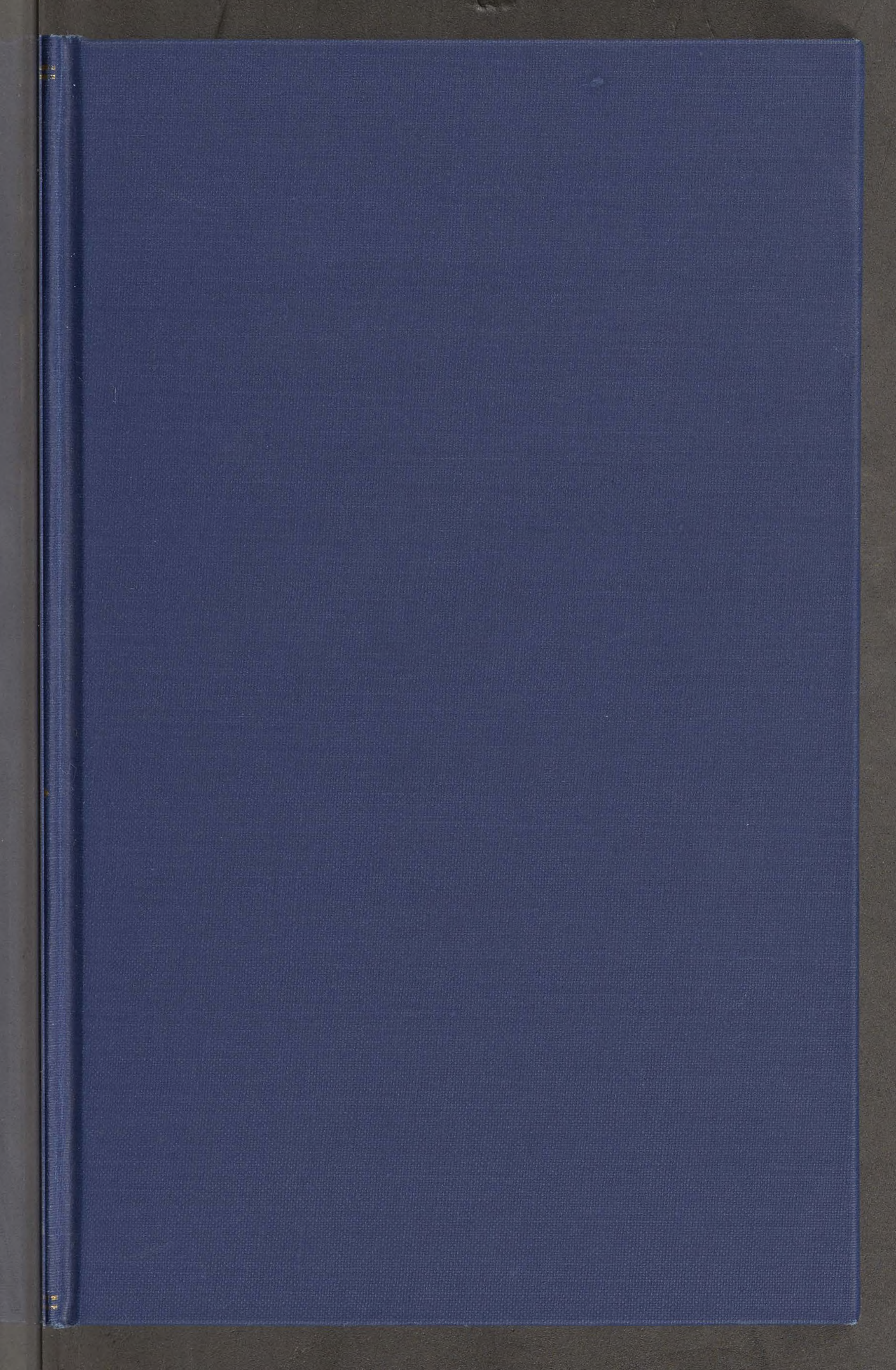
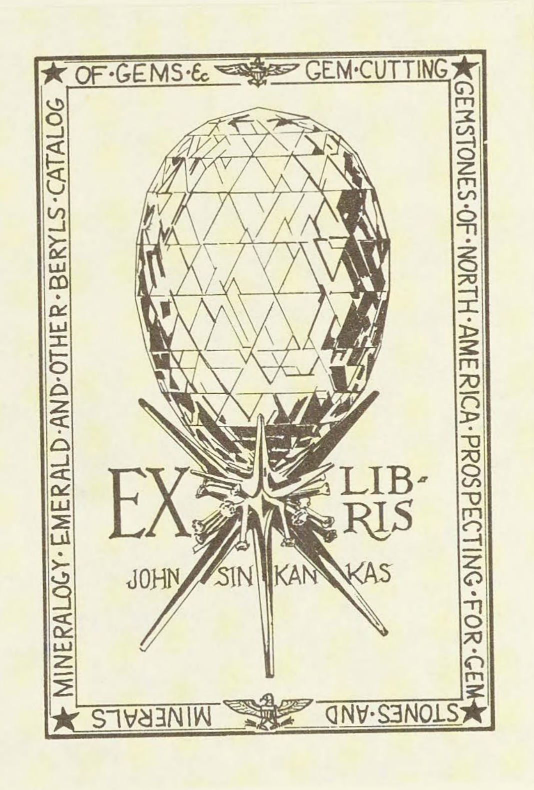



OF·GEMS·&c
GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND
MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIB-RIS
JOHN SIN KAN KAS

Kurzes Lehrbuch der Mineralogie

mit einem Abriß der Petrographie

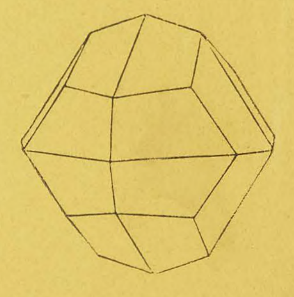
zum Gebrauch an höheren Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht

von

Dr. Heinrich Baumhauer
Professor an der Universität zu Freiburg i. d. Schweiz

Vierte Auflage

Mit 196 Abbildungen



Freiburg im Breisgau 1919
Herdersche Verlagshandlung
Berlin, Karlsruhe, Köln, München, Straßburg und Wien

Kurzes Lehrbuch der Mineralogie

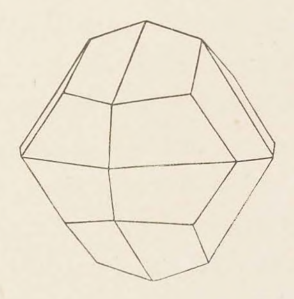
mit einem Abriß der Petrographie

zum Gebrauch an höheren Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht

von
Dr. Heinrich Baumhauer
Professor an der Universität zu Freiburg i. d. Schweiz

Vierte Auflage

Mit 196 Abbildungen



Freiburg im Breisgau 1919
Herdersche Verlagshandlung
Berlin, Karlsruhe, Köln, München, Straßburg und Wien

Buchdruckerei der Herderschen Verlagshandlung in Freiburg

Vorwort zur dritten Auflage.

Bei der Bearbeitung der vorliegenden neuen Auflage ging ich von der Erwägung aus, daß es sich nicht empfehle, an einem Buche, welches schon eine gewisse Verbreitung und Benutzung gefunden hat, einschneidende Änderungen vorzunehmen, über deren Zweckmäßigkeit die Meinungen zuletzt doch noch voneinander abweichen könnten. Indes wurde der behandelte Stoff neu durchgearbeitet und mehrfach durch Zusätze erweitert. Die kristallographischen Entwicklungen blieben zwar im wesentlichen unverändert, dafür wurde aber anhangsweise die neuere Ableitung der verschiedenen Kristallklassen auf Grund der Symmetrie-Elemente kurz erörtert. Anderseits wurde der chemische Abschnitt gekürzt in der Annahme, daß die Grundlehren der Chemie als bekannt vorausgesetzt werden dürften. Im speziellen Teile wurden den Naumannschen Symbolen die vorher erklärten Millerschen beigefügt, eine, wie ich hoffe, willkommene Ergänzung.

Wesentlich umgearbeitet und erweitert wurde der petrographische Teil; dennoch bildet dieses Kapitel mit Rücksicht auf die Beschränkung, welche ich mir bei der Bearbeitung desselben auferlegen mußte, auch jetzt noch nur einen kurzen Abriß des großen Gebietes.

Daß überhaupt manches, was dieser oder jener vermissen wird, in dem Werkchen unerörtert blieb, war mit Rücksicht auf den einzuhaltenden geringen Umfang desselben geboten: das Buch soll auch fernerhin der ersten Einführung in das behandelte Gebiet dienen.

Freiburg i. d. Schweiz, im Mai 1906.

Der Verfasser.

Vorwort zur vierten Auflage.

Wenn auch bei dieser Neuauflage der Rahmen unverändert blieb, in dem — einem kurzen Lehrbuche entsprechend — die Grundlehren der Mineralogie und die wichtigsten Mineralien behandelt werden, so wurde doch das von diesem Rahmen umschlossene Bild auch diesmal an manchen Stellen etwas weiter ausgeführt oder bereichert. Dies gilt z. B. für die Herleitung gewisser Kristallklassen, die Mimesie, die optischen Eigenschaften der Kristalle, Polymorphie und Isomorphie, besonders aber für die — wenn auch nur elementare — Besprechung der epochemachenden, durch die großzügigen Ideen des Altmeisters v. Groth vorbereiteten Beobachtungen von v. Laue und seinen Schülern und von Bragg (Vater und Sohn) mit Röntgenstrahlen, die zu überraschenden Einblicken in den atomistischen Bau der Kristalle geführt haben.

Der spezielle Teil wurde durch die Aufnahme der Mineralien: Molybdänglanz, Hydrargillit, Wolframit, Monazit, Skapolith und Skolezit erweitert. Auch wurde mehrfach bei besonders wichtigen Mineralien das Achsenverhältnis beigefügt, um dadurch eine wenigstens angenäherte Vorstellung von den Dimensionen der betreffenden Kristallformen zu geben.

Freiburg i. d. Schweiz, im April 1919.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

A. Allgemeine Mineralogie.

I. Morphologie der Mineralien.

1. Morphologie der Kristalle.

Seite

a. Die Kristallsysteme 4

1. Reguläres Kristallsystem . . . 7

Kombinationen der holoedrischen Formen des regulären Systems 12

Hemiedrien des regulären Systems 14

Tetartoedrie des regulären Systems 21

2. Quadratisches (tetragonales) Kristallsystem 21

Hemiedrien des quadratischen Systems 26

3. Hexagonales Kristallsystem . . 27

Hemiedrien des hexagonalen Systems 31

Tetartoedrien des hexagonalen Systems 34

Hemimorphie 36

4. Rhombisches Kristallsystem . . 38

Hemiedrie und Hemimorphie des rhombischen Systems . . . 41

5. Monoklines (monosymmetrisches) Kristallsystem 42

Hemiedrie und Hemimorphie des monoklinen Systems . . . 45

6. Triklines (asymmetrisches) Kristallsystem 46

Hemiedrie des triklinen Systems 47

Die Millerschen kristallographischen Symbole 47

b. Unvollkommene Ausbildung der Kristalle 50

c. Zwillingskristalle (Mimesie) . . 52

Ableitung der verschiedenen Kristallklassen auf Grund der sog. Symmetrie-Elemente 58

Raumgitter und atomistischer Bau der Kristalle 60

2. Morphologie der Kristallaggregate.

Kristalldrusen, Kristallgruppen. Kristallinische Aggregate. Tropfsteine 63

II. Physikalische Eigenschaften der Mineralien.

1. Kohäsionserscheinungen.

a. Spaltbarkeit 64

b. Bruch 65

c. Schlagfiguren 65

d. Härte 65

e. Elastizität und Biegsamkeit . 66

f. Geschmeidigkeit 67

g. Verhalten gegen lösende Substanzen. Ätzfiguren 67

2. Spezifisches Gewicht 69

3. Optische Eigenschaften.

a. Lichtbrechung. Interferenzerscheinungen. Zirkularpolarisation 70

Seite

b. Durchsichtigkeit 80
c. Glanz 81
d. Farbe 82
e. Strich 83
f. Pleochroismus 83
g. Farbenschiller 83
h. Fluoreszenz 84
i. Phosphoreszenz 84

4. Thermische Eigenschaften.
a. Wärmestrahlung 85
b. Wärmeleitung 85
c. Ausdehnung durch Wärme . 85
5. Elektrische Eigenschaften . . . 86
6. Magnetische Eigenschaften . . 87

III. Chemische Eigenschaften der Mineralien.

Elemente. Verbindungen . . . 87
Heteromorphie 88
Isomorphie 89
Chemische Prüfung der Mineralien 92
Pseudomorphosen 93
Vorkommen u. Bildung d. Mineralien 94

B. Spezielle Mineralogie.

Mineralarten. Varietäten. Einteilung in Klassen und Gruppen 99

Erste Klasse: Elemente.

Erste Gruppe: Metalloide.

1. Diamant 100
2. Graphit 103
3. Schwefel 103
4. Antimon 104
5. Arsen 105

Zweite Gruppe: Metalle.

6. Wismut 105
7. Eisen (Meteoreisen) 106
8. Kupfer 107
9. Blei 108
10. Quecksilber 108
11. Silber (Silberamalgam) . . 108
12. Gold 109
13. Platin 110

Zweite Klasse: Schwefel- (einschließlich Arsen-) Verbindungen.

Erste Gruppe: Sulfide.

14. Realgar 111
15. Auripigment 112
16. Antimonglanz 112
17. Zinkblende (Wurtzit, Greenockit, Millerit, Eisennickelkies, Manganblende) . . . 113
18. Arsennickel (Antimonnickel) . 114
19. Magnetkies 115
20. Kobaltnickelkies 115
21. Mangankies 116
22. Pyrit 116
23. Markasit 117
24. Arsenkies 117
25. Kobaltglanz 118
26. Speiskobalt 119
27. Kupferglanz 119
28. Silberglanz 120
29. Bleiglanz (Molybdänglanz) . 120
30. Zinnober 121

Zweite Gruppe: Sulfosalze.

31. Kupferkies 122
32. Buntkupfererz 123
33. Antimonsilberblende . . . 123
34. Arsensilberblende 124
35. Bournonit 125
36. Fahlerz 125

Dritte Klasse: Sauerstoffverbindungen.

Erste Gruppe: Oxyde.

37. Wasser 126
38. Eis 127
39. Arsenikblüte (Claudetit, Senarmontit, Valentinit) . . . 128
40. Quarz (Chalcedon, Achat, Feuerstein, Tridymit) . . 129

	Seite
41. Opal	134
42. Zinnstein	135
43. Rutil (Anatas, Brookit)	136
44. Zirkon	137
45. Korund	137
46. Eisenglanz	138
47. Titaneisenerz	139
48. Hausmannit	139
49. Pyrolusit (Psilomelan, Wad)	140
50. Rotkupfererz	141
51. Spinell	141
52. Magneteisenerz	142
53. Chromeisenerz	142

Zweite Gruppe: Säuren und Hydroxyde.

54. Saffolin (Hydrargillit, Beauxit)	143
55. Manganit	143
56. Göthit	144
57. Brauneisenerz (Toneisenstein, Bohnerz, Raseneisenstein)	144

Vierte Klasse: Haloidsalze.

58. Steinsalz	145
59. Sylvin	146
60. Salmiak	146
61. Hornsilber	147
62. Flußspat	147
63. Kryolith	148
64. Carnallit	148

Fünfte Klasse: Oxysalze.

Erste Gruppe: Nitrate.

65. Salpeter	148
66. Natronsalpeter	149

Zweite Gruppe: Karbonate.

67. Kalkspat	149
68. Magnesit	152
69. Dolomit	152
70. Zinkspat	153
71. Manganspat	153
72. Eisenspat (Kohleneisenstein)	154
73. Aragonit	154
74. Strontianit	155
75. Witherit	156
76. Weißbleierz	156
77. Kupferlasur	157
78. Malachit	157
79. Soda (Trona)	158

Dritte Gruppe: Sulfate und Chromate.

80. Anhydrit	158
81. Schwerspat	159
82. Cölestin	159
83. Anglesit	160
84. Glaubersalz	160
85. Gips	161
86. Bittersalz (Kieserit, Kainit Polyhalit, Zinkvitriol)	162
87. Eisenvitriol	163
88. Kupfervitriol	163
89. Alaune (Alaunstein)	164
90. Rotbleierz	165

Vierte Gruppe: Molybdate und Wolframate; Uranate.

91. Gelbbleierz	165
92. Scheelit	165
93. Wolframit	166
94. Uranpecherz	166

Fünfte Gruppe: Borate.

95. Boracit	167
96. Tinkal	168

Sechste Gruppe: Phosphate und Arsenate.

97. Apatit	169
98. Pyromorphit (Mimetesit)	170
99. Monazit	170
100. Vivianit	170
101. Türkis	171
102. Wavellit	171
103. Struvit	172

Siebte Gruppe: Silikate und Titanate.

I. Wasserfreie Silikate.

a) Wasserstoffhaltige.

104. Kieselzinkerz	173
105. Staurolith	173
106. Turmalin	174
107. Epidot	175
108. Vesuvian	175
109. Axinit	175
110. Muskovit	176
111. Biotit	177
112. Lithionglimmer	177

	Seite
113. Chlorit	177
114. Talk (Speckstein)	178
115. Meerschaum	179
116. Serpentin	179
117. Dichroit	180
118. Topas	180
b) Wasserstofffreie.	
119. Cyanit	181
120. Olivin	181
121. Granat	182
122. Beryll	183
123. Augit	184
124. Hornblende (Enstatit, Broncit, Hypersthen, Rhodonit)	185
125. Leucit	186
126. Nephelin	186
127. Skapolith	187
128. Orthoklas (Mikroklin)	187
129. Albit	188
130. Anorthit (Oligoklas, Labradorit)	189
131. Hauyn (Nosean)	190
132. Lasurit (Lasurstein)	190
133. Titanit	191
II. Wasserhaltige Silikate.	
134. Analcim	191
135. Apophyllit	192
136. Natrolith (Skolezit)	192
137. Heulandit	193
138. Chabasit	193
139. Harmotom (Phillipsit)	193
140. Desmin	194

Sechste Klasse: Organische Verbindungen pflanzlichen oder tierischen Ursprungs. Kohlen.

141. Bernstein	195
142. Asphalt	195
143. Steinöl	196
144. Braunkohle	196
145. Steinkohle	197
146. Anthracit	199

Petrographie.

Einleitung	200
Ursprüngliche und klastische Gesteine	200
Massige und geschichtete Gesteine	201
Gemengteile	202
Struktur	204
Übersicht über die einzeln zu besprechenden Gesteine	208
A. **Eruptive Gesteine**	209
1. Granit	210
2. Syenit	211
3. Diorit	212
4. Gabbro	213
5. Porphyr	213
6. Trachyt	215
7. Phonolith	215
8. Porphyrit	216
9. Andesit	217
10. Diabas	217
11. Melaphyr	218
12. Basalt	218
13. Obsidian und Pechstein	220
14. Lava	221
B. **Sedimentäre Gesteine**	222
15. Sandstein und Grauwacke	223
16. Konglomerate und Breccien	223
17. Blöcke, Gerölle, Sand	224
18. Tuffe	224
19. Tonschiefer	225
20. Ton, Lehm, Mergel, Lößs	226
21. Kalkstein und Dolomit	226
C. **Kristallinische Schiefer**	227
22. Gneis	229
23. Granulit	230
24. Glimmerschiefer (Phyllit)	230

Einleitung.

1. Unter einem Mineral versteht man ein festes oder flüssiges, seinem Wesen wie seiner Herkunft nach anorganisches Naturprodukt, welches aus einheitlicher, gleichartiger Substanz besteht.

Nicht zu den Mineralien zu rechnen sind also:

1) solche Körper anorganischer Natur, welche ihre Entstehung einem pflanzlichen oder tierischen Organismus verdanken, z. B. Muschelschalen, Harnsteine.

Es entspricht deshalb auch strenggenommen nicht der Aufgabe der Mineralogie, solche Naturprodukte zu behandeln, welche durch Zersetzung und Umbildung vorweltlicher organischer Körper im Schoße der Erde entstanden sind, wie Steinkohle, Braunkohle, Bernstein. Indes werden dieselben (unter dem Namen Fossilien) gewöhnlich mit in das Gebiet der Mineralogie hinübergenommen;

2) solche Körper, bei deren Bildung menschliche Tätigkeit beteiligt gewesen ist, z. B. die aus den Erzen auf chemischem Wege abgeschiedenen Metalle;

solche anorganische Naturprodukte, welche sich entweder schon dem

3) solche anorganische Naturprodukte, welche sich entweder schon dem unbewaffneten Auge oder bei der mikroskopischen Betrachtung als ein Gemenge verschiedener Körper zu erkennen geben. Dahin gehört die Mehrzahl der sog. Gesteine, wie Granit (bestehend aus Feldspat, Quarz und Glimmer).

Es ist jedoch zu bemerken, daß auch die eigentlichen Mineralien insofern häufig inhomogen (ungleichartig) sind, als sie kleinere oder größere Einschlüsse von Gasen, Flüssigkeiten oder festen Körpern beherbergen. Indes wechseln diese Einschlüsse ihrer Zahl nach sehr, sind zufällige Gäste des betreffenden Minerals und haben mit dem Wesen desselben nichts gemein.

2. Die Mineralien zeigen entweder keine charakteristische Form, sind stets unregelmäßig begrenzt und lassen auch physikalisch keinerlei Richtungsunterschiede erkennen, oder — und dies ist bei den meisten der Fall — es kommt ihnen eine ihnen eigentümliche, mehr oder weniger regelmäßige Gestalt zu, indem die einzelnen Individuen von ebenen Flächen begrenzt werden,

welche sich unter bestimmten, für jedes besondere Mineral konstanten Winkeln schneiden. Im ersteren Falle nennt man das Mineral amorph, z. B. Opal, im letzteren kristallisiert, z. B. Bergkristall. Die einzelnen Individuen werden Kristalle genannt. Unter Kristallen versteht man demnach von ebenen Flächen begrenzte, eine wesentliche und ursprüngliche Form zeigende anorganische Naturkörper.

Mit den verschiedenen Richtungen innerhalb eines Kristalls ändern sich auch in gesetzmäßiger Weise die physikalischen Eigenschaften, wie die Elastizität, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, das Wärmeleitungsvermögen usw. Die Kristallform ist keine bloß äußerliche, sondern eine in der Natur (Substanz) des betreffenden Minerals begründete und durch dieselbe bedingte Form. Form und Inhalt stehen in innigster Beziehung zueinander.

Die Kristalle sind auf die Art entstanden, daß sich die Moleküle (Massenteilchen) einer Substanz, welche sich aus einer Lösung ausschied oder aus dem flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustande in den festen überging, in regelmäßiger Weise aneinanderlagerten. Das Wachsen eines Kristalls unterscheidet sich von dem Wachsen der organisierten Wesen (Pflanzen und Tiere) wesentlich dadurch, daß bei den Kristallen nur eine Anlagerung gleicher Moleküle von außen, bei den Pflanzen und Tieren hingegen eine Aufnahme und Umwandlung verschiedener Stoffe im Innern des Organismus stattfindet.

Da bei der Bildung der Kristalle die Raum- und Zeitverhältnisse sowie die Gegenwart anderer Körper von wesentlichem Einflusse sind, so läßt sich voraussehen, daß dieselbe häufig Störungen erleidet, infolge deren die Kristalle entweder nur einseitig zur vollkommenen Ausbildung gelangen (auf der Unterlage aufsitzen, gleichsam verdrückt erscheinen usw.) oder überhaupt auf einer sehr niedrigen Stufe der Entwicklung stehen bleiben, indem z. B. zahlreiche gleichzeitig entstehende Individuen sich auf beschränktem Raume zusammendrängen. Im letzteren Falle nennt man das Mineral kristallinisch. Kristallinisch ist z. B. der Marmor, welcher aus unzähligen winzigen und unvollkommen ausgebildeten Kalkspatkristallen besteht. Ein kristallinisches Mineral unterscheidet sich von einem amorphen dadurch, daß bei jenem die Ausbildung der einzelnen Kristall-Individuen eine sehr unvollkommene geblieben ist, während bei diesem eine Kristallisation überhaupt nicht stattgefunden hat.

Zuweilen bestehen Körper, welche eine bestimmte Kristallform zeigen, aus einer andern Substanz, als diejenige ist, welche jener Form entspricht. Dieselben sind also keine eigentlichen Kristalle, da bei ihnen Form und Inhalt nicht im Einklang stehen; sie werden Pseudomorphosen ge-

nannt. Sie sind aus den ursprünglichen Kristallen entweder durch eine Umwandlung der Substanz oder durch Ersetzung (Verdrängung) derselben durch einen andern Stoff entstanden, wobei die äußere Begrenzung unverändert geblieben ist.

3. Die Mineralogie zerfällt in die allgemeine und in die spezielle. Die erstere behandelt zunächst in der Morphologie die verschiedenen Formen und Wachstumserscheinungen der Kristalle und der Kristall-Aggregate, hierauf im physikalischen Teile die Kohäsionserscheinungen (Spaltbarkeit, Härte usw.), die Elastizität und das spezifische Gewicht, dann die optischen, thermischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Mineralien. In einem dritten chemischen Abschnitte werden nach der Besprechung der chemischen Zusammensetzung der Mineralien die Beziehungen erörtert, welche zwischen dieser und der Kristallform stattfinden; dann folgen die Pseudomorphosen. Die spezielle Mineralogie behandelt die einzelnen Mineralarten, hier nach chemischen Prinzipien geordnet, wobei insbesondere diejenigen Eigenschaften derselben hervorgehoben werden, welche zur Erkennung (Bestimmung) der Arten dienen können.

A. Allgemeine Mineralogie.

I. Morphologie der Mineralien.

1. Morphologie der Kristalle.

a. Die Kristallsysteme.

An einem jeden Kristall unterscheidet man Flächen, Kanten und Ecken. Die Kanten entstehen durch Zusammentreffen zweier Flächen, die Ecken durch Zusammentreffen von mindestens drei Kanten. Bezeichnet man die Zahl der Flächen einer Kristallform mit F, die der Kanten mit K und der Ecken mit E, so gelten die Gleichungen:

$$F = K - E + 2;\ K = E + F - 2;\ E = K - F + 2.$$

Sehr oft geht jeder Fläche einer Kristallform eine andere parallel, welche man die Gegenfläche der ersteren nennt. Von größter Wichtigkeit für die Kenntnis der Kristallformen ist die Ermittelung der von je zwei Flächen derselben gebildeten Winkel.

Die Messung eines solchen Winkels geschieht mit Hilfe des sog. Anlegegoniometers oder (weit genauer) mit dem Reflexionsgoniometer. Das Anlegegoniometer besteht aus zwei ähnlich wie zu einer Schere verbundenen Schienen, zwischen die man die betreffende Kante bringt, so daß sie senkrecht zur Ebene der Schienen steht und die letzteren je einer Fläche anliegen. Die Ablesung geschieht dann mit Hilfe eines geteilten Kreises, auf welchen man die in ihrer Stellung fixierten Schienen auflegt. Die Anwendung des Reflexionsgoniometers beruht auf der an den Kristallflächen (wie an Planspiegeln) stattfindenden Reflexion des Lichtes. Der Kristall wird hier auf der durch das Zentrum eines geteilten Kreises gehenden und senkrecht damit verbundenen Achse des Instrumentes so befestigt, daß die zu messende Kante der Achse parallel geht. Hierauf wird er mit der Achse so gedreht, daß einmal die eine, dann die andere der beiden Flächen ein Bild einer Lichtquelle in gleicher Richtung ins Auge wirft. Man kann dann an dem geteilten Kreise mit Hilfe eines feststehenden Nonius den Normalenwinkel der Kante, d. i. das Supplement des inneren körperlichen Winkels, ablesen.

Bei den an verschiedenen Kristallen gleicher Art angestellten Messungen hat man das wichtige Gesetz der Winkelkonstanz gefunden, nach welchem sich die entsprechenden Flächen sämtlicher Kristalle derselben Art

in gleich gelegenen Kanten stets unter gleichen Winkeln schneiden. Diese Winkel sind also für das betreffende Mineral charakteristisch.

Eine Zone wird von (mindestens drei) Flächen gebildet, welche sich in lauter parallelen Kanten schneiden. Denkt man sich die zu einer Zone gehörigen Flächen hinreichend zusammengerückt, so schneiden sie sich alle in einer Linie, der Zonenachse, entsprechend der Richtung der parallelen Kanten. Die Flächen des Würfels bilden jedesmal zu je vier eine Zone. Gehört eine Fläche eines Kristalls gleichzeitig zwei verschiedenen Zonen desselben an, so ist dadurch ihre Lage zu den übrigen Flächen vollständig bestimmt, da sie den beiden Zonenachsen parallel geht.

Die verschiedenen Kristalle weisen in ihrer Form einen sehr verschiedenen, höheren oder niedrigeren, Grad von Regelmäßigkeit oder Symmetrie auf. Letztere beruht auf der Art und Weise, wie sich gleichartige Flächen am Kristall wiederholen. Besonders wichtig ist der Begriff der Symmetrie-Ebene. Als solche bezeichnet man eine Ebene, welche einen Kristall in zwei Teile so teilt, daß sich der eine Teil zum andern verhält wie ein Gegenstand zu seinem Spiegelbilde. Man kann sich z. B. leicht davon überzeugen, daß ein Würfel nach neun Ebenen symmetrisch teilbar ist; davon gehen drei je zwei Flächen des Würfels parallel, während die sechs übrigen je zwei gegenüberliegende Kanten desselben halbieren. Eine auf einer Symmetrie-Ebene errichtete Senkrechte bezeichnet man als Symmetrie-Achse[1]. Sie hat immer die Richtung einer vorhandenen oder möglichen Kante.

Man bezieht die mannigfaltigen, in der Natur auftretenden Kristallformen auf kristallographische Achsen, das sind gedachte gerade Linien, welche sich innerhalb des Kristalls schneiden (Achsenmittelpunkt). Zu kristallographischen Achsen wählt man Symmetrie-Achsen, soweit solche vorhanden sind, sonst die Richtungen gewisser Kanten. Die Lage einer einzelnen Fläche wird dann bestimmt durch das Verhältnis der Abstände, in welchen dieselbe die verschiedenen Achsen (vom Achsenmittelpunkte aus gemessen) trifft. Dieses Verhältnis gilt für sämtliche, einer bestimmten Kristallform angehörige Flächen. Jede Kristallfläche kann parallel mit sich selbst verschoben werden, ohne daß sich dieses Verhältnis und damit auch die kristallographische Lage derselben ändert.

Ebenso kann man eine Symmetrie-Ebene parallel mit sich selbst verschieben, ohne daß sie ihren Charakter als solche verliert. Eine solche Ebene stellt also im Grunde genommen eine gewisse Richtung dar, zu

[1] Über eine Erweiterung des Begriffes der Symmetrie-Achse siehe am Schluß der Morphologie der Kristalle: Symmetrie-Elemente.

welcher nach beiden Seiten die verschiedenen Kristallflächen paarweise gleiche Lage besitzen, d. h. symmetrisch angeordnet sind. Entsprechend den Symmetrie-Ebenen stellen auch die Symmetrie-Achsen sowie die kristallographischen Achsen in Wirklichkeit keine einzelnen Linien, sondern Richtungen dar.

Man teilt die verschiedenen Kristallformen nach gewissen Gesetzmäßigkeiten ihres Baues, welche in der Zahl und Anordnung der Flächen hervortreten, in sechs Kristallsysteme ein. Dabei bezieht man sie auf verschiedene sog. Achsenkreuze, welche sich durch die Zahl, die gegenseitige Lage und die relative Länge[1] der betreffenden Achsen unterscheiden. Auf welche Weise man die relative Länge der Achsen in den verschiedenen Kristallsystemen bestimmt, wird aus späteren Darlegungen hervorgehen. Die Kristallsysteme sind:

1) Das reguläre mit drei gleich langen und gleichwertigen, aufeinander senkrechten Achsen;

2) das quadratische mit drei aufeinander senkrechten Achsen, von welchen zwei (Nebenachsen) gleich lang und gleichwertig, die dritte (Hauptachse) aber länger oder kürzer ist;

3) das hexagonale mit vier Achsen; drei (Nebenachsen) sind gleich lang und gleichwertig, liegen in einer Ebene und schneiden sich unter 60°, die vierte (Hauptachse) steht auf den ersteren senkrecht und ist länger oder kürzer als diese;

4) das rhombische mit drei ungleich langen aufeinander senkrechten Achsen;

5) das monokline (monosymmetrische) mit drei ungleich langen Achsen, wovon zwei einen schiefen Winkel einschließen, während die dritte auf beiden senkrecht steht;

6) das trikline (asymmetrische) mit drei ungleich langen Achsen, welche sich sämtlich schiefwinklig kreuzen.

Die einzelnen Kristallsysteme zerfallen wieder in mehrere Abteilungen oder Klassen. In jedem System gibt es eine Klasse, deren Formen sämtlich mit allen, jedesmal zum Achsenkreuz gleichartig gelegenen Flächen ausgebildet sind. Solche Formen bzw. die betreffende Klasse bezeichnet man deshalb als holoedrisch (vollflächig). In diesem Falle geht jeder Fläche einer Form eine zweite parallel. In den andern Klassen sind gewisse Formen in gesetzmäßiger Weise nur mit der Hälfte oder auch nur mit dem vierten Teile ihrer Flächen ausgebildet (die betreffenden Flächen erscheinen nur mit der Hälfte oder nur mit dem vierten Teile

[1] Die Länge einer Achse wird stets vom Achsenmittelpunkte aus gemessen, wobei man also in Wirklichkeit die Länge einer Halbachse erhält.

der möglichen Zahl), während die übrigen Flächen ausfallen; man bezeichnet solche Formen (und ebenso die betreffenden Klassen) deshalb als hemiedrisch (hälftflächig) bzw. tetartoedrisch (viertelflächig).

Die Ableitung der verschiedenen Kristallklassen durch Annahme einer holoedrischen, hemiedrischen oder tetartoedrischen Entwicklung der Kristallformen zeichnet sich durch Anschaulichkeit aus. Dieselbe ist deshalb im folgenden beibehalten worden, obschon jetzt vielfach andere Methoden der Ableitung üblich sind. Eine solche soll denn auch am Schlusse dieses Abschnittes in Kürze erläutert werden.

Die holoedrische Klasse der einzelnen Systeme zeigt jedesmal den höchsten Grad der Symmetrie, welcher in dem betreffenden System vorkommen kann. Was die Zahl der Symmetrie-Ebenen betrifft, so sind deren vorhanden bei den holoedrischen Formen

1) des regulären Systems . . . . neun;
2) des quadratischen Systems . . . fünf;
3) des hexagonalen Systems . . . sieben;
4) des rhombischen Systems . . . drei;
5) des monoklinen Systems. . . . eine;
6) des triklinen Systems . . . . keine.

Im folgenden sollen nun bei den einzelnen Kristallsystemen immer zuerst die holoedrischen, hierauf erst die wichtigsten hemiedrischen und tetartoedrischen Formen, soweit solche in dem betreffenden System möglich sind, besprochen werden.

1. Reguläres Kristallsystem.

Die sämtlichen Formen des regulären Systems sind geschlossene, d. h. ihre Flächen umschließen den Raum allseitig. Sie werden zurückgeführt auf drei gleich lange und gleichwertige, aufeinander senkrechte Achsen, deren Verhältnis durch a : a : a bezeichnet werden kann. Die Aufstellung der Kristalle geschieht durchgehends so, daß eine Achse vertikal, die zweite horizontal und quer verläuft, während die dritte auf den Beschauer zugerichtet ist. Im Verhältnis hierzu erscheinen die Formen in den Kristallbildern etwas nach links gedreht. Jede Fläche der einzelnen regulären Gestalten schneidet entweder alle drei Achsen oder nur zwei (indem sie der dritten parallel geht) oder nur eine (indem sie den beiden andern parallel geht). Danach kann man die sieben (holoedrischen) regulären Kristallformen folgendermaßen gruppieren:

1) Alle drei Achsen werden geschnitten: Oktaeder, Triakisoktaeder, Ikositetraeder, Hexakisoktaeder;

2) zwei Achsen werden geschnitten: Rhombendodekaeder, Tetrakishexaeder;

3) eine Achse wird geschnitten: Würfel.

Am zweckmäßigsten erscheint es, die genannten Formen in folgender Reihenfolge zu besprechen: Oktaeder, Würfel, Rhombendodekaeder, Triakisoktaeder, Tetrakishexaeder, Ikositetraeder, Hexakisoktaeder.

Das Oktaeder (Achtflächner), Fig. 1, wird umschlossen von acht gleichseitigen Dreiecken, welche in zwölf gleichen Kanten zusammenstoßen. Der Kantenwinkel beträgt 109° 28′ 16″. Je vier Kanten treffen sich in einer Ecke; solcher Ecken sind sechs vorhanden. In jeder Ecke endigt eine Achse, je zwei gegenüberliegende Ecken werden also durch eine Achse verbunden. Da jede Fläche alle drei Achsen in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkte schneidet, so ist das kristallographische Zeichen für dieselbe nach Weiß = a : a : a. Nach dem Gesagten bestimmt umgekehrt eine Oktaederfläche das Längenverhältnis der drei Achsen des regulären Systems, weshalb das Oktaeder auch als die Grundform des genannten Systems bezeichnet wird. Naumann bezeichnet die Gesamtheit der acht Oktaederflächen, d. h. das Oktaeder als geschlossene Form, mit dem Symbol O[1]. Das Oktaeder besitzt, wie sämtliche holoedrische Formen des regulären Systems, neun Symmetrie-Ebenen. Dieselben zerfallen in drei Haupt-Symmetrie-Ebenen, deren jede durch zwei Achsen geht, und in sechs gewöhnliche, deren jede durch eine Achse geht und den Winkel der beiden andern Achsen halbiert. Eine Haupt-Symmetrie-Ebene ist in Fig. 1 cdef, eine gewöhnliche cgeh. — Magneteisenerz, Spinell.

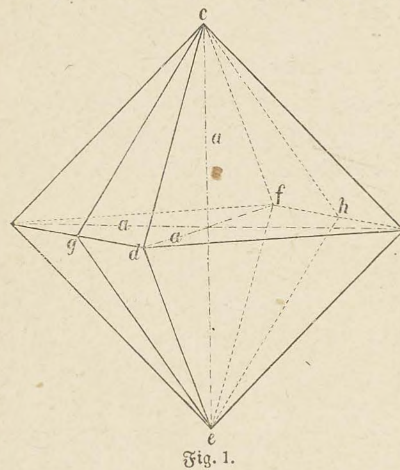


Fig. 1.

Der Würfel (Hexaeder, Sechsflächner), Fig. 2, wird umschlossen von sechs Quadraten. Er besitzt zwölf Kanten von 90°, welche zu je drei in acht Ecken zusammenstoßen. Jede Fläche schneidet nur eine Achse, während sie den beiden andern parallel geht; das kristallographische Zeichen für die Würfelflächen bzw. den Würfel ist demnach ∞ a : a : ∞ a oder ∞ O ∞. Man gelangt zu dem letzteren Symbol dadurch, daß man sich die in einem Achsen-Endpunkte festgehaltenen Oktaederflächen so weit aus ihrer ursprünglichen Lage bewegt denkt, bis sie den

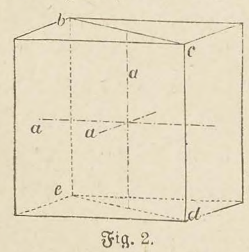


Fig. 2.

[1] Über die Millerschen Symbole s. unten.

beiden andern Achsen parallel gehen. Jede Achse verbindet die Mittelpunkte zweier gegenüberliegenden Würfelflächen. Die Flächen des Würfels gehen den drei Haupt-Symmetrie-Ebenen parallel, während die sechs gewöhnlichen Symmetrie-Ebenen je zwei Kantenwinkel desselben halbieren. Eine gewöhnliche Symmetrie-Ebene ist also z. B. bcde. — Steinsalz, Bleiglanz.

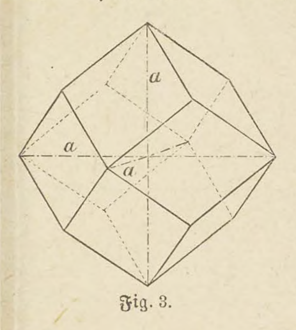


Fig. 3.

Das Rhombendodekaeder (Rhombenzwölfflächner), Fig. 3, wird umschlossen von zwölf kongruenten Rhomben mit dem stumpfen Winkel von 109° 28′ 16″ (gleich dem Kantenwinkel des Oktaeders), welche sich in 24 gleichen Kanten von 120° schneiden. Die Kanten stoßen in sechs vierflächigen und in acht dreiflächigen Ecken zusammen, von welchen die ersteren zu je zwei durch eine Achse verbunden werden. Jede Fläche schneidet nur zwei Achsen in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkt und geht der dritten parallel, daher das Zeichen a : a : ∞ a oder ∞ O. Die Flächen des Rhombendodekaeders gehen den sechs gewöhnlichen Symmetrie-Ebenen parallel. — Granat (daher der früher gebräuchliche Name Granatoeder).

Während es naturgemäß nur einen Würfel, ein Oktaeder und ein Rhombendodekaeder gibt, existieren von den übrigen holoedrischen Formen des regulären Systems verschiedene Varietäten. Dieselben unterscheiden sich jedesmal dadurch, daß ihre Flächen die bei der betreffenden Form geschnittenen Achsen — soweit es die Art der Form zuläßt — in ungleichen Abständen vom Achsenmittelpunkte (entsprechend verschiedenen Vielfachen der einfachen Achsenlänge) treffen. Dabei herrscht jedoch das wichtige, auch für die übrigen Kristallsysteme gültige Gesetz der rationalen Achsenschnitte. Man kann dasselbe folgendermaßen aussprechen: Legt man die zu verschiedenen Formen gehörigen, aber auf dasselbe Achsenkreuz zu beziehenden Flächen sämtlich durch ein und denselben Punkt einer Achse, so bringen sie auf den andern Achsen Abschnitte hervor, welche bei jeder einzelnen Achse (im regulären System also auch bei allen drei Achsen

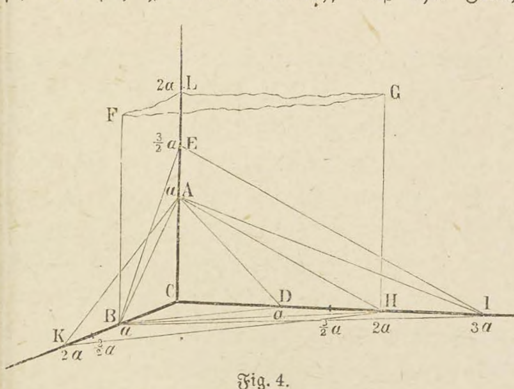


Fig. 4.

unter sich) in einem einfachen, durch rationale Zahlen ausdrückbaren Verhältnisse stehen. Fig. 4 macht dies klar. Dieselbe stellt drei Halbachsen des regulären Systems dar: CA, CB, CD, sowie Vielfache derselben: CE = $\frac{3}{2}$a, CL = 2a, CI = 3a usw. Die Fläche ABD ist eine solche des Oktaeders, sie schneidet alle drei Achsen in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkt (a : a : a). Die Fläche ABH schneidet zwei Achsen in einfacher, die dritte in doppelter Entfernung (a : a : 2a). ABI schneidet gleichfalls zwei Achsen in einfacher, die dritte hingegen in dreifacher Entfernung (a : a : 3a). FBHG geht einer Achse parallel und schneidet die beiden andern im Verhältnis von 1 : 2 (∞ a : a : 2a). EBI endlich schneidet alle drei Achsen in verschiedener Entfernung, jedoch in dem einfachen Verhältnis von 1 : $\frac{3}{2}$: 3 (a : $\frac{3}{2}$ a : 3a).

Die Triakisoktaeder (Dreimalachtflächner, Pyramidenoktaeder), Fig. 5, werden von 24 gleichschenkligen Dreiecken umschlossen. Von ihren

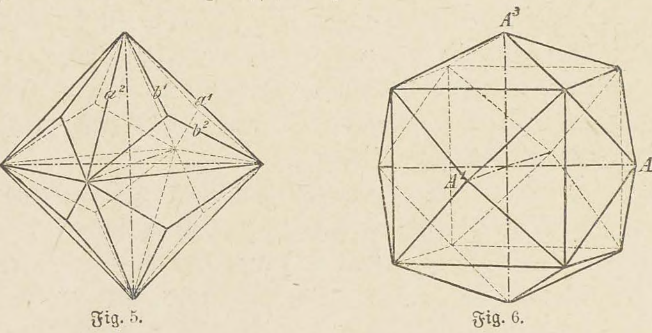


Fig. 5. Fig. 6.

36 Kanten besitzen die zwölf längeren gleiche Lage wie diejenigen des Oktaeders, die 24 kürzeren liegen zu je drei über den Flächen des Oktaeders. Neben acht dreiflächigen Ecken besitzen sie sechs achtflächige, welche letzteren wie die Ecken des Oktaeders liegen. Jede Achse verbindet zwei gegenüberliegende achtflächige Ecken. Eine einzelne Fläche irgend eines Triakisoktaeders schneidet zwei Achsen in einfacher Entfernung a, die dritte in größerer Entfernung ma, wobei m eine rationale Zahl > 1 ($\frac{3}{2}$, 2, 3 usw.) ist, daher das Zeichen a : a : ma oder mO. Nach den wechselnden Werten von m erhält man also die verschiedenen Varietäten der in Rede stehenden Form. Am häufigsten finden sich $\frac{3}{2}$O, 2O, 3O. Fig. 5 stellt 2O dar. Die Haupt-Symmetrie-Ebenen gehen durch je vier längere, die gewöhnlichen durch je vier kürzere Kanten. — Bleiglanz, Flußspat.

Die Tetrakishexaeder (Viermalsechsflächner, Pyramidenwürfel), Fig. 6, welche zu dem Würfel in einer ähnlichen Beziehung stehen wie die Pyramidenoktaeder zum Oktaeder, werden von 24 gleichschenkligen

Dreiecken umschlossen. Sie besitzen zwölf längere Kanten, welche wie die des Würfels liegen, und 24 kürzere, welche zu je vier über einer Fläche des eingeschriebenen Würfels zusammenstoßen. Die Ecken zerfallen in sechs vierflächige, von welchen je zwei gegenüberliegende durch eine Achse verbunden werden, und acht sechsflächige, welche wie die Ecken des Würfels liegen. Jede Fläche eines Tetrakishexaeders schneidet eine Achse in der einfachen Entfernung a, eine zweite in der Entfernung na (wobei n eine rationale Zahl > 1 ist) und geht der dritten parallel; daher das Zeichen $a : na : \infty a$ oder ∞On. Am häufigsten finden sich $\infty O\frac{3}{2}$, $\infty O2$, $\infty O3$. Fig. 6 stellt $\infty O2$ dar. Die Lage der Symmetrie-Ebenen ergibt sich aus dem Vergleich mit dem Würfel. — Gold, Flußspat.

Die **Ikositetraeder** (Vierundzwanzigflächner), Fig. 7a und b, werden umschlossen von 24 Deltoiden (nach einer Diagonale symmetrischen Vierecken), welche sich in 24 längeren Kanten a und in 24 kürzeren b

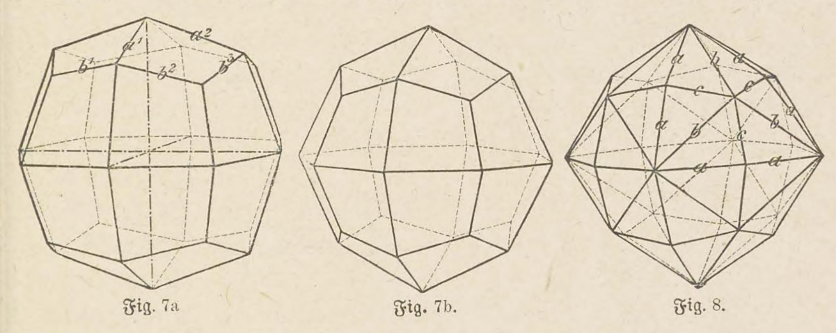


Fig. 7a Fig. 7b. Fig. 8.

treffen. Sie besitzen dreierlei Ecken: sechs gleichkantig-vierflächige, acht dreiflächige und zwölf ungleichkantig-vierflächige. Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende Ecken der ersten Art. Daraus läßt sich leicht die Lage der Symmetrie-Ebenen bestimmen. Jede Fläche eines Ikositetraeders schneidet eine Achse in der einfachen Entfernung a, die beiden andern in der mfachen $(m > 1)$, daher das Zeichen $a : ma : ma$ oder mOm. Am häufigsten finden sich $2O2$ und $3O3$. Fig. 7a stellt $3O3$, Fig. 7b $2O2$ dar. — Analcim, Granat.

Die **Hexakisoktaeder** (Achtundvierzigflächner), Fig. 8, werden umschlossen von 48 ungleichseitigen Dreiecken. Sie besitzen dreierlei Kanten: 24 mit a bezeichnete, sämtlich in den Haupt-Symmetrie-Ebenen gelegen; 24 längere b und 24 kürzere c, welche in den gewöhnlichen Symmetrie-Ebenen liegen. Die mit a und b bezeichneten bilden sechs achtflächige, die mit a und c bezeichneten zwölf vierflächige und die mit b und c bezeichneten acht sechsflächige Ecken. Die Flächen der Hexakisoktaeder schneiden alle drei Achsen in verschiedener Entfernung vom Achsenmittelpunkte, daher

das Zeichen a:ma:na (m > n > 1) oder mOn. Besonders bemerkenswert ist diejenige Klasse von Hexakisoktaedern, deren Kanten b den Kanten des Rhombendodekaeders (Granatoeders) genau parallel gehen, und die deshalb auch Pyramidengranatoeder genannt werden. Bei ihnen stehen die Koeffizienten m und n in der Beziehung zueinander, daß $m + n = mn$ oder $n = \frac{m}{m-1}$. Dieser Bedingung genügt z. B. das Hexakisoktaeder $3O\frac{3}{2}$, welches in Fig. 8 dargestellt ist. Außer ihm finden sich ziemlich häufig 4O2 und $5O\frac{5}{4}$. — Granat, Flußspat.

Die Beziehungen der regulären Kristallformen zueinander werden am klarsten erkannt, wenn man von den Hexakisoktaedern mOn als dem allgemeinsten Falle einer regulären Form ausgeht und das Resultat einer Wertveränderung der Koeffizienten m und n ins Auge faßt. Diese Koeffizienten können zwischen 1 und ∞ schwanken, vorausgesetzt, daß die betreffende Zahl eine rationale ist. Je näher zunächst einer von ihnen, etwa n, der Einheit kommt, um so mehr nähert sich das Hexakisoktaeder einem Triakisoktaeder; geschieht dasselbe zugleich mit m, so findet eine Annäherung an das Oktaeder statt. Wird $m = n = 1$, so erhalten wir die letztere Form. Je mehr m sich n nähert, wobei beide aber > 1 bleiben, um so mehr ähnelt das Hexakisoktaeder einem Ikositetraeder; ein solches entsteht, sobald $m = n$ geworden ist. Steigt der Wert von m bis zu ∞, so geht das Hexakisoktaeder über in ein Tetrakishexaeder; findet dasselbe zugleich für n statt, so geht schließlich der Würfel hervor. Wächst m bis ∞, während n auf die Einheit herabsinkt, so gelangen wir zum Rhombendodekaeder. Da hiermit alle möglichen

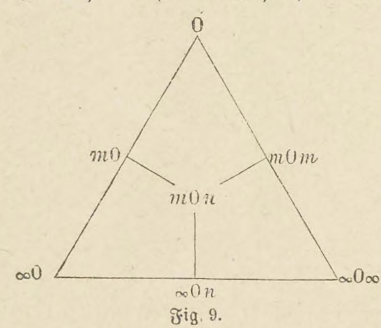


Fig. 9.

Fälle der Flächenlage erschöpft sind, so folgt, daß außer den genannten sieben holoedrischen Formen im regulären System keine weiteren existieren können.

Zum besseren Verständnis des Gesagten kann vorstehendes Schema (Fig. 9) dienen, in welchem die drei in ihrer Art einzigen Formen O, ∞O und ∞O∞ die Ecken eines Dreiecks bilden, während sich zwischen ihnen die Übergangsformen mO, ∞On und mOm befinden und das Symbol der allgemeinsten Form mOn in der Mitte steht.

Kombinationen der holoedrischen Formen des regulären Systems.

Finden sich die Flächen zweier, dreier oder mehrerer Kristallformen an einem Kristall vereinigt, so nennt man die betreffende Gestalt eine

zwei-, drei- oder mehrzählige **Kombination**. Geht man von einer Form gleichsam als Grundform aus, so werden die Flächen der hinzutretenden Formen die Kanten und Ecken derselben in gewisser Weise verändern, und zwar unterliegen sämtliche gleichwertige Kanten oder Ecken der nämlichen Veränderung. Dieselben erscheinen gleichsam weggeschnitten, gerade oder schief abgestumpft durch je eine, zugeschärft (bzw. zugespitzt) durch je zwei oder mehrere hinzutretende Flächen. Diejenigen Kanten, in welchen zwei Flächen verschiedener Art zusammentreffen, nennt man **Kombinationskanten**. An einer Kombination kann man in der Regel **vorherrschende** und **untergeordnete** Formen unterscheiden, je nachdem die Flächen der letzteren mehr oder weniger ausgedehnt erscheinen. Bei der kristallographischen Bezeichnung einer Kombination führt man die Zeichen der kombinierten Formen in **der** Reihe auf, wie diese der Ausdehnung ihrer Flächen nach aufeinander folgen, z. B. $O \cdot \infty O \infty$ — $\infty O \infty \cdot O$ — $O \cdot \infty O$ — $O \cdot \infty O \cdot \infty O \infty$.

Die Ausdrücke „zuschärfen" und „zuspitzen" sind insofern nicht ganz entsprechend, als die betreffenden Kanten und Ecken hierbei in Wirklichkeit nicht schärfer und spitzer, sondern vielmehr stumpfer werden. Indes ist diese Art der Bezeichnung schon lange allgemein üblich.

Im folgenden sollen einige der wichtigsten Kombinationen angeführt und größtenteils durch Figuren veranschaulicht werden.

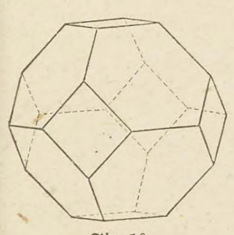


Fig. 10.

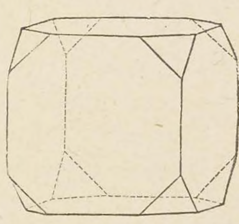


Fig. 11.

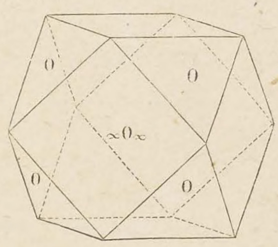


Fig. 12.

Die sechs Ecken des Oktaeders werden durch die Flächen des Würfels gerade abgestumpft (Fig. 10), umgekehrt die acht Ecken des Würfels durch die Flächen des Oktaeders (Fig. 11). Treffen dabei je zwei der gleich stark ausgedehnten Würfelflächen mit zwei Oktaederflächen zu einer Ecke zusammen, so entsteht der sog. Mittelkristall (Fig. 12). Man sagt dann auch: Würfel und Oktaeder sind im **Gleichgewicht**.

Die zwölf Kanten des Oktaeders sowie die des Würfels werden durch die Flächen des Rhombendodekaeders gerade abgestumpft (Fig. 13 und 14). Anderseits stumpft das Oktaeder die acht dreikantigen, der Würfel die sechs vierkantigen Ecken derselben Form gerade ab (Fig. 15 und 16). Die 24 Kanten des Rhombendodekaeders werden durch die Flächen des

Ikositetraeders 2O2 gerade abgestumpft (Fig. 17). Das Oktaeder stumpft die acht sechskantigen, der Würfel die sechs vierkantigen Ecken der Tetrakishexaeder ab.

Die acht dreikantigen Ecken der Triakisoktaeder erfahren eine gerade Abstumpfung durch die Flächen des Oktaeders. Der Würfel stumpft die achtflächigen Ecken der Triakisoktaeder ab.

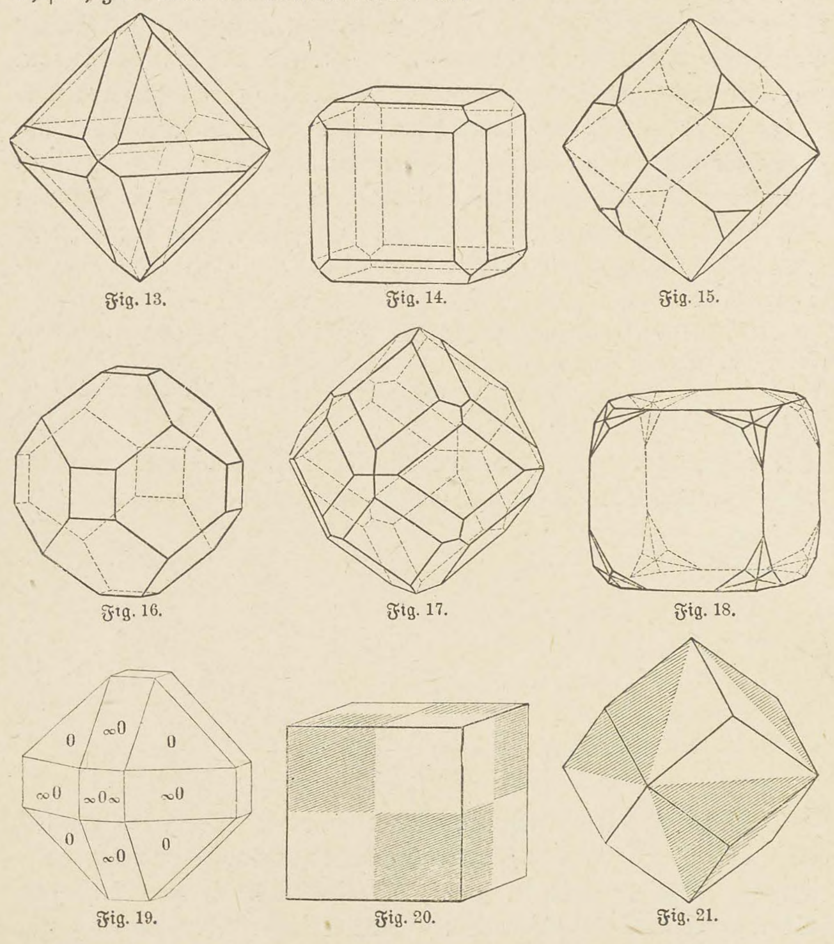


Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

Am Oktaeder treten die Flächen der Hexakisoktaeder als achtseitige, am Würfel (Fig. 18) als sechsseitige Zuspitzungen der Ecken auf.

Fig. 19 stellt die dreizählige Kombination O · ∞O · ∞O∞ dar.

Hemiedrien des regulären Systems.

Es gibt drei Gesetze, nach welchen im regulären System eine Bildung hemiedrischer Formen stattfinden kann. Von diesen sind am wichtigsten

die beiden, welche der sog. tetraedrischen (einer geneigtflächigen) und der pentagondodekaedrischen (einer parallelflächigen) Hemiedrie zugrunde liegen. Die Bezeichnungen „parallelflächig" und „geneigtflächig" deuten darauf hin, daß bei den betreffenden hemiedrischen Formen entweder zu jeder einzelnen Fläche eine ihr parallele Gegenfläche vorhanden ist oder nicht.

Jede Kristallform, welche infolge einer Hemiedrie eine Veränderung erleidet, liefert dabei offenbar zwei hemiedrische Gestalten, je nachdem nämlich die eine oder die andere Hälfte der Flächen verschwindet. Diese beiden (komplementären) Körper unterscheiden sich bei den oben genannten Hemiedrien äußerlich nur durch ihre kristallographische Stellung, doch zeigen ihre Flächen an den Kristallen ein verschiedenes physikalisches Verhalten, oft auch ungleiche Beschaffenheit (Glanz, Streifung); letzteres gilt im übrigen für alle Hemiedrien.

Hier (wie in den drei folgenden Kristallsystemen) soll die Herleitung einer Hemiedrie stets in der Weise geschehen, daß man sich den ganzen Raum der holoedrischen Formen durch bestimmte Symmetrie-Ebenen in Einzelräume — z. B. bei der tetraedrischen Hemiedrie durch die drei Haupt-Symmetrie-Ebenen in Oktanten — geteilt denkt, worauf die in den abwechselnden Einzelräumen gelegenen Flächen verschwinden bzw. bleiben. Je nach der Art der den Raum teilenden Ebenen erhält man die (in dem betreffenden System) möglichen Arten der Hemiedrie. Es ist leicht einzusehen, daß diejenigen Ebenen, nach welchen jene Teilung stattfindet, dabei ihren Charakter als Symmetrie-Ebene verlieren müssen, da eine so entstehende hemiedrische Form nach beiden Seiten einer solchen Ebene eine ungleiche Ausbildung erhält.

1. Bei der tetraedrischen Hemiedrie fallen diejenigen Flächen der verschiedenen Formen aus, welche den abwechselnden, von den Haupt-Symmetrie-Ebenen gebildeten Oktanten angehören, während die übrigen sich stärker ausdehnen und so den Raum schließen. Dabei erfahren der Würfel, das Rhombendodekaeder und die Tetrakishexaeder äußerlich keine Veränderung. Dies ergibt sich für die beiden erstgenannten Formen aus der Betrachtung der Figuren 20 und 21; man kann sich daselbst die schraffierten Flächenteile gleichsam von der Hemiedrie betroffen bzw. ausfallend, durch die sich stärker ausdehnenden weiß gelassenen Teile aber wieder ersetzt denken[1]. Anders verhält es sich mit den übrigen holoedrischen Formen des regulären Systems; sie gehen infolge der tetraedrischen Hemiedrie sämtlich in neue Gestalten über. Ehe wir die verschiedenen tetraedrisch-hemiedrischen Formen einzeln besprechen, sei noch darauf hingewiesen, daß

[1] Indes lassen hier wie bei sämtlichen Hemiedrien auch die Flächen der scheinbar holoedrisch bleibenden Formen an den betreffenden Kristallen in gewissen Erscheinungen (namentlich den Ätzfiguren) deutlich die Symmetrieverhältnisse der betreffenden Hemiedrie erkennen. Solche Formen sind also in Wirklichkeit gleichfalls als hemiedrisch zu betrachten. Dasselbe gilt für die Tetartoedrien.

die Haupt-Symmetrie-Ebenen für dieselben keine solchen mehr bleiben, daß dies aber wohl der Fall ist hinsichtlich der gewöhnlichen Symmetrie-Ebenen. Dies kann man sich z. B. leicht an Fig. 22 klar machen. Die in Rede stehenden Formen sind also symmetrisch nach den Flächen des Rhombendodekaeders, unsymmetrisch nach den Flächen des Würfels.

Das Tetraeder (Vierflächner), Fig. 23. Verschwinden die in Fig. 22 schraffierten Flächen des Oktaeders, während sich die weiß gelassenen stärker ausdehnen, so entsteht das Tetraeder. Dehnen sich umgekehrt die schraffierten Flächen stärker aus, während die übrigen ausfallen, so resultiert das Gegentetraeder (Fig. 24), welches sich zwar nicht geometrisch, wohl aber durch seine Stellung von dem ersteren, welches man Haupttetraeder nennen kann, unterscheidet. Eine Drehung von 90° um eine kristallo-

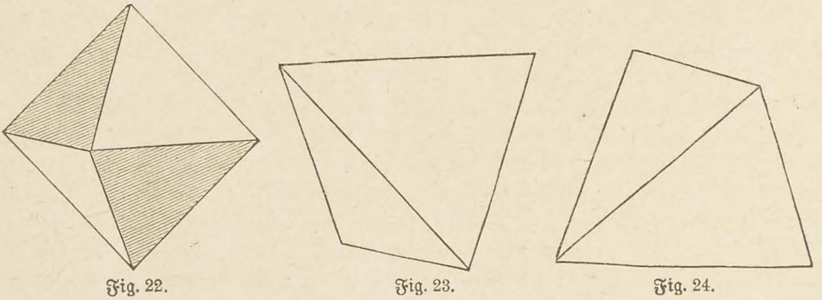


Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.

graphische Achse führt das eine Tetraeder in die Stellung des andern über. Beide sind vollkommen voneinander unabhängige Formen, können jedoch in Kombination auftreten. Das Tetraeder wird begrenzt von vier gleichseitigen Dreiecken (der kleinsten möglichen Flächenzahl einer geschlossenen Form), welche in sechs gleichen Kanten von 70° 32′ zusammentreffen. Es besitzt vier dreiflächige Ecken. Die Achsen verbinden die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender Kanten. Das kristallographische Zeichen für das (sog. positive) Haupttetraeder ist $+\frac{1}{2}(a:a:a)$ oder $+\frac{O}{2}$, für das (negative) Gegentetraeder $-\frac{1}{2}(a:a:a)$ oder $-\frac{O}{2}$. — Zinkblende, Fahlerz.

Die Deltoiddodekaeder (Deltoidzwölfflächner), Fig. 25, sind die hemiedrischen Formen der Triakisoktaeder. Sie werden umschlossen von zwölf Deltoiden, welche sich in zwölf längeren und zwölf kürzeren Kanten treffen. Die Ecken sind dreierlei: sechs vierflächige, vier spitzere und vier stumpfere dreiflächige. Jede Achse verbindet zwei gegenüberliegende vierflächige Ecken. Das Zeichen ist $\pm\frac{1}{2}(a:a:ma)$ oder $\pm\frac{mO}{2}$. Untergeordnet findet sich $+\frac{\frac{3}{2}O}{2}$, welche Form Fig. 25 darstellt. — Fahlerz.

Die Triakistetraeder (Dreimalvierflächner, Pyramidentetraeder), Fig. 26, sind die hemiedrischen Formen der Ikositetraeder. Sie werden

umschlossen von zwölf gleichschenkligen Dreiecken, welche sich in sechs längeren und zwölf kürzeren Kanten treffen, von denen die ersteren wie die Kanten des Tetraeders liegen. Von den acht Ecken sind vier sechs- und vier dreikantig. Die Achsen verbinden die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender längerer Kanten. Das Zeichen ist $\pm \frac{1}{2}(a:ma:ma)$ oder $\pm \frac{mOm}{2}$. Die gewöhnlichsten Varietäten sind $\frac{2O2}{2}$ und $\frac{3O3}{2}$. Fig. 26 stellt $+\frac{2O2}{2}$ dar. — Fahlerz, Zinkblende.

Die Hexakistetraeder (Sechsmalvierflächner), Fig. 27, gehen hervor aus den Hexakisoktaedern. Sie werden umschlossen von 24 ungleichseitigen Dreiecken.

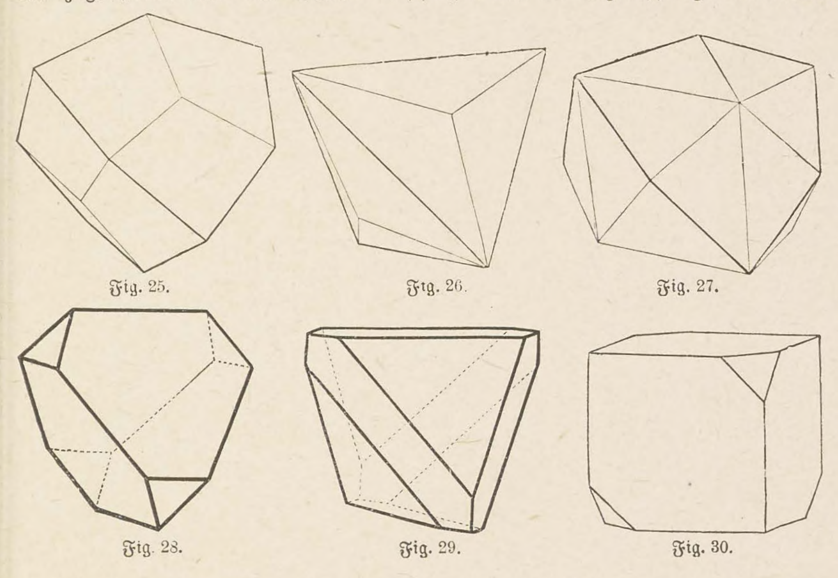


Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.

Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.

Ihre 36 Kanten zerfallen in zwölf kürzere, zwölf längere und zwölf mittlere. Von den 14 Ecken sind sechs vierflächig, vier stumpfere und vier spitzere sechsflächig. Vier liegen wie die Ecken des Tetraeders. Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende vierflächige Ecken. Das Zeichen ist $\pm \frac{1}{2}(a:ma:na)$ oder $\pm \frac{mOn}{2}$. Untergeordnet finden sich zuweilen $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ und $+\frac{5O\frac{5}{3}}{2}$. Fig. 27 stellt $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ dar. — Fahlerz, Boracit.

Was die Kombinationen tetraedrisch-hemiedrischer Formen angeht, so sei nur auf einige besonders wichtige hingewiesen. Die vier Ecken des Tetraeders werden durch die Flächen des Gegentetraeders gerade abgestumpft (Fig. 28), die sechs Kanten desselben durch die Flächen des Würfels (Fig. 29). Andererseits stumpft das Tetraeder die abwechselnden Ecken des Würfels ab (Fig. 30). Tritt das Rhombendodekaeder zu dem

Tetraeder, so spitzt es die Ecken desselben dreiflächig zu (Fig. 31), während ein Triakistetraeder die Kanten des Tetraeders gleicher Stellung zuschärft (Fig. 32). Die dreizählige Kombination $\infty O \infty \cdot + \frac{O}{2} \cdot \infty O$ ist in Fig. 33 dargestellt.

2. Bei der pentagondodekaedrischen (auch pyritoedrischen) Hemiedrie fallen diejenigen Flächen aus, welche in den abwechselnden, von den sechs gewöhnlichen Symmetrie-Ebenen gebildeten Räumen liegen, während die übrigen sich stärker ausdehnen. Solcher Räume gibt es 24, zwölf behalten demnach ihre Flächen bei. Bei dieser Art der Hemiedrie bleiben äußerlich unverändert der Würfel und das Rhomben-

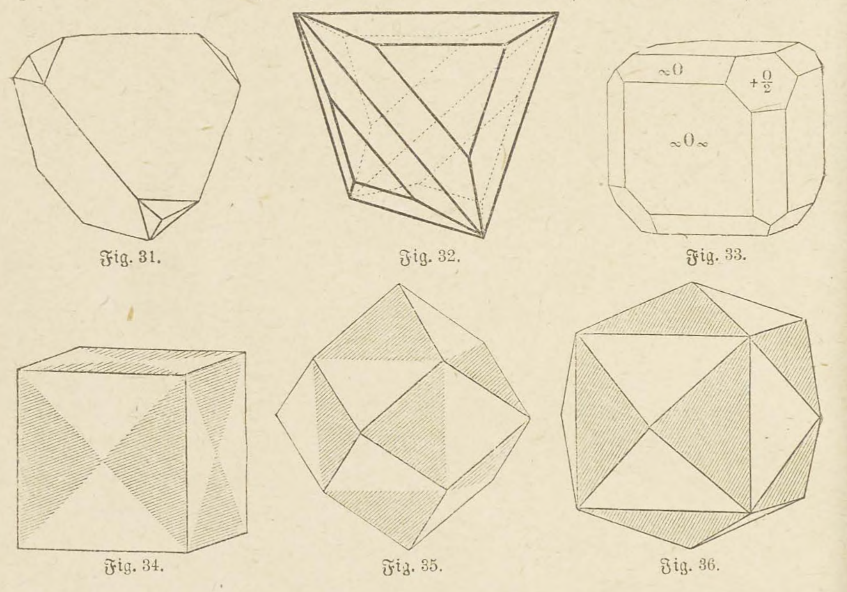


Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33.

Fig. 34. Fig. 35. Fig. 36.

dodekaeder (Fig. 34 und 35), ferner das Oktaeder, die Triakisoktaeder und die Ikositetraeder. Verändert werden also nur die Tetrakishexaeder und die Hexakisoktaeder. Während die Haupt-Symmetrie-Ebenen für die hier entstehenden hemiedrischen Formen ihre Bedeutung als solche behalten, verlieren diese Bedeutung die gewöhnlichen Symmetrie-Ebenen (vgl. Fig. 36). Die betreffenden Formen sind also symmetrisch nach den Flächen des Würfels, unsymmetrisch nach den Flächen des Rhombendodekaeders.

Die Pentagondodekaeder (Fünfeckzwölfflächner, Fig. 37 mit den in Fig. 36 schraffierten Flächen) sind die hemiedrischen Formen der Tetrakishexaeder; sie werden umschlossen von zwölf symmetrischen Fünfecken, welche vier gleiche Seiten und zwei Paare gleicher Winkel besitzen. Die Kanten sind zweierlei: sechs meist längere, welche den Kanten des

Würfels parallel gehen, und 24 meist kürzere, welche von den gleichen Seiten der Fünfecke gebildet werden. Von den 20 dreiflächigen Ecken sind acht gleichkantig und zwölf ungleichkantig. Die Achsen verbinden die Mittelpunkte je zweier Kanten der erstgenannten Art. Das Zeichen ist $\pm \frac{1}{2}(a : na : \infty a)$ oder $\pm \frac{\infty O n}{2}$. Am häufigsten ist $\frac{\infty O 2}{2}$, welche Form wegen ihres gewöhnlichen Vorkommens am Pyrit (Schwefelkies) auch Pyritoeder genannt wird und in Fig. 37 in der positiven Stellung dargestellt ist. — Pyrit, Glanzkobalt.

Die Dyakisdodekaeder (Zweimalzwölfflächner), Fig. 38, gehen hervor aus den Hexakisoktaedern und werden umschlossen von 24 Trapezoiden, welche zwei gleiche Seiten besitzen. Die 48 Kanten zerfallen in zwölf kürzere, zwölf längere und 24 mittlere, die 26 Ecken in sechs vierflächig-gleichseitige (zwei- und zweikantige), zwölf vierflächig-ungleichseitige (unregelmäßige) und acht dreiflächige. Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende Ecken der ersten Art. Das Zeichen ist $\pm \frac{1}{2}(a : ma : na)$ oder $\pm \frac{m O n}{2}$. Am häufigsten finden sich die Varietäten $\frac{3 O \frac{3}{2}}{2}$, $\frac{4 O 2}{2}$ und $\frac{5 O \frac{5}{3}}{2}$. Fig. 38 stellt $+ \frac{3 O \frac{3}{2}}{2}$ dar. — Pyrit.

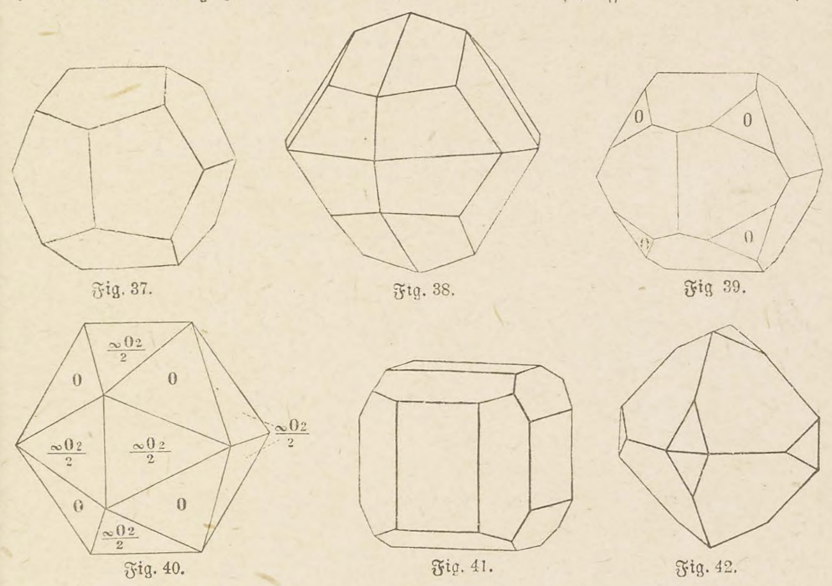
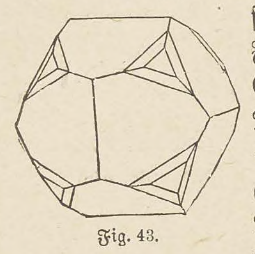


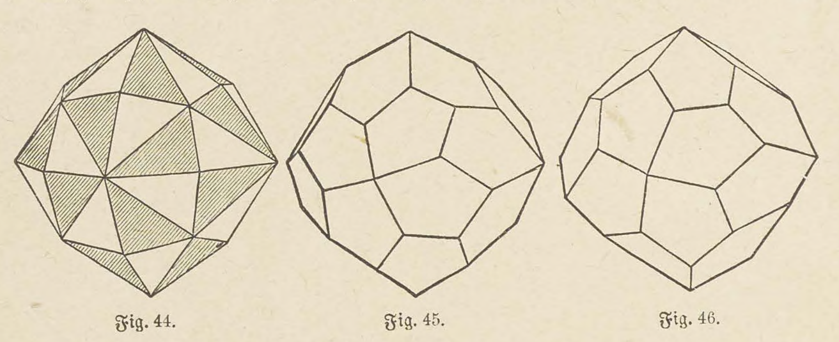
Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42.

Die beiden parallelflächig-hemiedrischen Formen treten in Kombinationen in der Regel miteinander oder mit dem Oktaeder und dem Würfel verbunden auf. Dabei herrscht meist das Pyritoeder $\frac{\infty O 2}{2}$, der Würfel

oder das Oktaeder vor. Der Würfel stumpft die seinen eigenen parallelen Kanten des Pyritoeders ab, das Oktaeder tut ein Gleiches mit den dreiflächigen Ecken desselben (Fig. 39). Befinden sich die Flächen des Oktaeders mit denen des Pyritoeders im Gleichgewicht, so entsteht das sog. Ikosaeder (Fig. 40). Dasselbe besitzt acht dem Oktaeder angehörige Flächen in der Form von gleichseitigen, und zwölf dem Pyritoeder angehörige in der Form von gleichschenkligen Dreiecken. Fig. 41 stellt den herrschenden Würfel, Fig. 42 das herrschende Oktaeder mit untergeordnetem Pyritoeder (im letzteren Falle in der als negativ bezeichneten Stellung, entsprechend den in Fig. 36 weiß gelassenen Flächen) dar, Fig. 43 endlich die Kombination $+\frac{\infty O 2}{2} \cdot O \cdot + \frac{3 O \frac{3}{2}}{2}$.


Fig. 43.

3. Bei der dritten Art von Hemiedrie des regulären Systems, der sog. gyroedrischen, fallen diejenigen Flächen aus, welche in den abwechselnden, von allen


Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46.

neun Symmetrie-Ebenen gebildeten Räumen liegen. Solcher Räume gibt es 48; in jedem liegt eine Fläche eines Hexakisoktaeders. Deshalb erleiden auch nur die Hexakisoktaeder eine äußere Veränderung, indem sie je zwei, ein rechtes und ein linkes sog. Pentagonikositetraeder, $\frac{m O n}{2}$ r und $\frac{m O n}{2}$ l, liefern, welche von 24 unregelmäßigen Fünfecken umschlossen werden (Fig. 45 und 46, entsprechend den weißen bzw. schraffierten Flächen des Hexakisoktaeders, Fig. 44). Die beiden, aus demselben Hexakisoktaeder hervorgegangenen Pentagonikositetraeder unterscheiden sich aber nicht nur durch ihre Stellung, wie es bei den Hexakistetraedern und Dyakisdodekaedern der Fall ist, sondern durch die entgegengesetzte Anordnung ihrer Flächen, infolgedessen sie nur spiegelbildlich gleich sind; sie verhalten sich zueinander etwa wie die rechte zur linken Hand. Man kann sie deshalb auf keine Weise in parallele Stellung bringen. Derartige Formen, welche zu den geneigtflächigen gehören und keine Symmetrie-Ebene besitzen, bezeichnet man als enantiomorph. Zu dieser Hemiedrie rechnet man die Kristalle von Sylvin und Salmiak.

Tetartoedrie des regulären Systems.

Eine tetartoedrische (viertelflächige) Entwicklung regulärer Formen wurde an in der Natur vorkommenden Kristallen bisher nur in einem Falle, mehrfach jedoch an gewissen künstlich dargestellten Salzen, wie am Natriumchlorat und am Baryumnitrat, beobachtet. Dieselbe gewährt ein so hohes theoretisches Interesse, daß ihrer hier wenigstens mit einigen Worten gedacht werden soll.

Eine Tetartoedrie tritt im allgemeinen ein, wenn zwei Hemiedrien gleichzeitig herrschen, d. h. wenn der Ausfall der Flächen nach zwei Gesetzen zugleich erfolgt. Kommt im regulären System zu der tetraedrischen Hemiedrie noch die pyritoedrische, so bleibt bei einer Form, welche durch jede der beiden Hemiedrien eine äußere Veränderung erleidet, nur $\frac{1}{4}$ der Flächenzahl übrig, während $\frac{3}{4}$ verschwinden. Je nach der Lage der jedesmal bleibenden Flächen werden vier tetartoedrische (sich geometrisch zur holoedrischen ergänzende) Formen zu unterscheiden sein, ebenso wie bei der Hemiedrie zwei komplementäre Gestalten existieren. Nun werden verändert:

1. Durch die tetraedrische Hemiedrie: Oktaeder, Triakisoktaeder, Ikositetraeder, Hexakisoktaeder;

2. durch die pyritoedrische Hemiedrie: Tetrakishexaeder und Hexakisoktaeder.

Es bleiben bei der Tetartoedrie äußerlich ganz unverändert: Würfel und Rhombendodekaeder;

scheinbar hemiedrisch treten auf: Oktaeder (als Tetraeder), Triakisoktaeder (als Deltoiddodekaeder), Ikositetraeder (als Triakistetraeder), Tetrakishexaeder (als Pentagondodekaeder),

während nur das Hexakisoktaeder eine eigentliche tetartoedrische Ausbildung erlangt. Die hierbei aus einem Hexakisoktaeder hervorgehenden vier Formen werden tetraedrische Pentagondodekaeder genannt und als rechtes oder linkes positives bzw. negatives unterschieden (Fig. 47 stellt ein linkes positives $+\frac{mOn}{4}l$ dar).

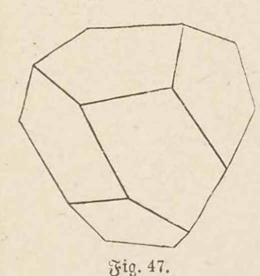


Fig. 47.

Sie werden von zwölf unsymmetrischen Fünfecken umschlossen und besitzen keine Symmetrie-Ebene mehr. Die beiden positiven bzw. negativen sind jedesmal enantiomorph, während sich die beiden rechten bzw. linken äußerlich nur durch ihre Stellung unterscheiden.

Wenn keine Flächen eines tetraedrischen Pentagondodekaeders vorhanden sind, so kann man in der Regel das Vorhandensein der Tetartoedrie wenigstens daran erkennen, daß an den betreffenden Kristallen neben tetraedrisch-hemiedrischen Gestalten gleichzeitig solche auftreten, welche der pyritoedrischen Hemiedrie entsprechen. Eine solche Kombination kann bei rein hemiedrischen Körpern niemals vorkommen; sie wird sehr schön an den Kristallen von Natriumchlorat beobachtet.

2. Quadratisches (tetragonales) Kristallsystem.

Während die Formen des regulären Systems ohne Ausnahme den Raum vollständig umschließen, ist dies im quadratischen System nicht mehr der Fall. Die Formen desselben zerfallen vielmehr in geschlossene und

offene. Letztere begrenzen den Raum nicht allseitig und können demnach nie für sich allein, sondern nur in Kombination mit andern Formen auftreten. Der Grund ihres Vorhandenseins im quadratischen System liegt darin, daß eine Achse sich wesentlich von den beiden andern gleichwertigen unterscheidet. Indem die letzteren nun von Flächen geschnitten werden, welche der ersten parallel gehen, sich an ihr aber nicht in entsprechender Weise wiederholen (und umgekehrt), müssen offene Formen entstehen. Die Achse, welche einzig in ihrer Art ist und wesentlich die Symmetrie der quadratischen Formen bestimmt, wird Hauptachse (c), die beiden andern werden Nebenachsen (a, a) genannt. Alle drei stehen zwar noch aufeinander senkrecht, indes ist die Hauptachse länger oder kürzer als die beiden unter sich gleichen Nebenachsen, und zwar im Verhältnis zu diesen verschieden lang bei den verschiedenen im quadratischen System kristallisierenden Körpern. Da sich nun die Winkel aller Formen, deren Flächen alle drei Achsen oder eine Nebenachse und die Hauptachse treffen, nach der relativen Länge der Hauptachse richten müssen, so ist eine quadratische, im übrigen dem Gesetze der rationalen Achsenschnitte folgende Formenreihe charakterisiert durch das Achsenverhältnis $a:c$, worin man $a = 1$ setzt; demnach ist $c \gtrless 1$. Das Achsenverhältnis $a:c$ ist stets irrational.

Außer der Haupt- und den beiden Nebenachsen, und zwar mit letzteren in einer Ebene liegend, hat man noch zwei sog. Zwischenachsen eingeführt. Dieselben halbieren die von den Nebenachsen gebildeten Winkel.

Man stellt die Formen des quadratischen Systems so auf, daß die Hauptachse vertikal steht, im übrigen wie es beim regulären System angegeben wurde. Die Endpunkte der Hauptachse nennt man Pole, die dahin laufenden Kanten Polkanten und die dort befindlichen Ecken Polecken.

Es gibt folgende sieben Arten von holoedrischen quadratischen Formen:

a) geschlossene:
   1) Quadratische (tetragonale) Pyramiden erster Art (Protopyramiden),
   2) Quadratische Pyramiden zweiter Art (Deuteropyramiden),
   3) Achtseitige (ditetragonale) Pyramiden;

b) offene:
   1) Quadratisches Prisma erster Art (Protoprisma),
   2) Quadratisches Prisma zweiter Art (Deuteroprisma),
   3) Achtseitige (ditetragonale) Prismen,
   4) Basis.

Die quadratischen Pyramiden (eigentlich Doppelpyramiden) erster Art, Fig. 48—50, werden umschlossen von acht gleichschenkligen Dreiecken. Sie besitzen acht gleiche Pol- und vier gleiche Randkanten.

Der Wert der ersteren liegt zwischen 90° und 180°, der der letzteren zwischen 0° und 180°. Neben zwei vier- und gleichkantigen Polecken finden sich vier zwei- und zweikantige Randecken; die beiden ersteren werden, wie bemerkt, durch die Hauptachse, je zwei der letzteren durch eine Nebenachse verbunden. Was die Zahl und Lage der Symmetrie-Ebenen betrifft, so ist zu bemerken, daß im Vergleich mit den Formen des regulären Systems hier wie bei allen holoedrischen quadratischen Formen wegen der Ungleichheit der Hauptachse und der Nebenachsen nur eine wirkliche Haupt-Symmetrie-Ebene übrigbleibt, welche durch die beiden gleichen

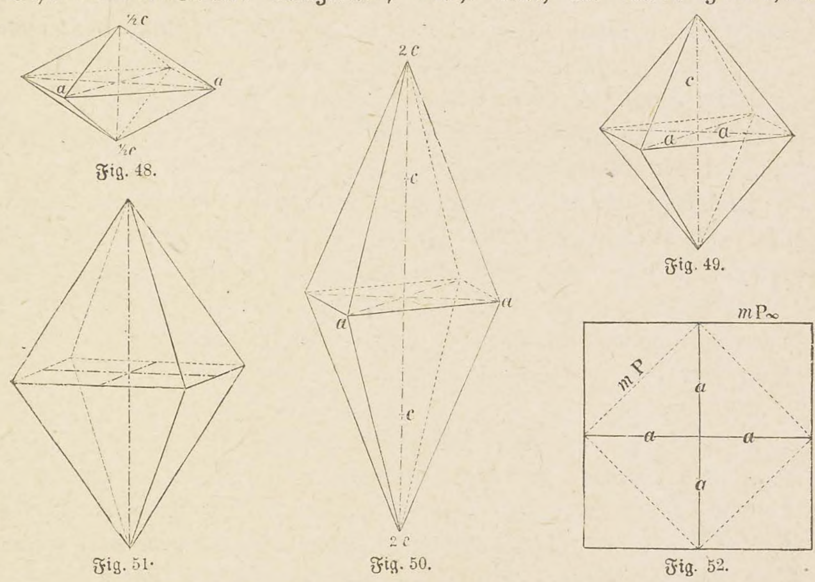


Fig. 48. Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52.

Nebenachsen geht. Zwei durch die Haupt- und je eine Nebenachse gehende Symmetrie-Ebenen werden primäre, zwei durch die Hauptachse und eine Zwischenachse gehende sekundäre Hauptschnitte genannt. Damit ist die Zahl der Symmetrie-Ebenen, im ganzen fünf, erschöpft. Die Flächen der Pyramiden erster Art schneiden die beiden Nebenachsen stets in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkte. Jedem aus den Winkelwerten irgend einer Protopyramide als Grundform abgeleiteten Achsenverhältnis a:c = 1:c entspricht aber eine ganze Reihe von Pyramiden, deren Flächen die Hauptachse in verschiedener Entfernung mc vom Achsenmittelpunkte treffen, wobei m stets eine (meist sehr einfache) rationale Zahl ist. Das kristallographische Zeichen für die Grundform ist a:a:c oder P, für eine Pyramide, deren Flächen die Hauptachse in der mfachen Entfernung schneiden, a:a:mc oder mP. Der vor P stehende Koeffizient bezieht sich also immer auf die Hauptachse.

Die Figuren 48, 49 und 50 stellen drei Protopyramiden dar, deren Hauptachsen (bei stets gleich langen Nebenachsen) sich verhalten wie $\frac{1}{2}:1:2$. Wählt man die mittlere als Grundform P, so erhalten die beiden andern die Zeichen $\frac{1}{2}$P und 2P. Protopyramiden dieser Art kommen am häufigsten vor. — Zirkon, Zinnstein, Anatas.

Die quadratischen Pyramiden zweiter Art, Fig. 51, unterscheiden sich von denjenigen erster Art wesentlich durch ihre Stellung zum Achsenkreuz, indem sie mit jenen verglichen um 45° um die Hauptachse gedreht sind. Daher verbinden die Nebenachsen die Mittelpunkte ihrer Randkanten, wie außer Fig. 51 der in Fig. 52 dargestellte horizontale Querschnitt zeigt. Daselbst deuten die punktierten Linien die kürzeren Randkanten der Pyramiden erster Art an. Das von der Gestalt und Zahl der Flächen, von den Kanten und Ecken der Protopyramiden Gesagte gilt auch hinsichtlich der Deuteropyramiden. Da die Flächen dieser Formen außer der Hauptachse nur je eine Nebenachse schneiden, der andern aber parallel gehen, so ist ihr allgemeines Zeichen $a : \infty a : mc$ oder $mP\infty$; am häufigsten sind $P\infty$ und $2P\infty$. — Anatas, Zinnstein.

Man kann die quadratischen Pyramiden erster und zweiter Art als spitze oder stumpfe bezeichnen, je nachdem der Winkel ihrer Randkanten größer oder kleiner ist als der Winkel der Oktaederkanten (109° 28′).

Die achtseitigen Pyramiden (Fig. 53) werden umschlossen von 16 ungleichseitigen Dreiecken. Sie besitzen 16 Polkanten, von welchen acht länger und schärfer, acht kürzer und stumpfer sind; acht (gewöhnlich die schärferen) liegen in den primären, die andern in den sekundären Hauptschnitten. Die acht Randkanten sind gleich und liegen in einer Ebene. Neben zwei achtflächigen vier- und vierkantigen Polecken finden sich vier spitzere und vier stumpfere vierflächige Randecken. Jede Fläche einer achtseitigen Pyramide schneidet außer der Hauptachse die beiden Nebenachsen, und zwar letztere in ungleicher Entfernung, daher das Zeichen $a : na : mc$ oder mPn. Meist treten diese Pyramiden untergeordnet auf. Häufig sind z. B. 3P3 und 3P$\frac{3}{2}$. — Zirkon, Zinnstein.

Die offenen Formen des quadratischen Systems gehen aus den geschlossenen hervor, indem die auf die Hauptachse bezüglichen Koeffizienten der letzteren entweder $= 0$ oder $= \infty$ werden. Setzt man in dem Zeichen mP der Protopyramiden $m = 0$, so erhält man die zur Hauptachse senkrechte Basis 0P; wird $m = \infty$, so entsteht das quadratische Protoprisma ∞P mit vier parallelen, rechtwinkligen Kanten (Fig. 54 stellt beide kombiniert dar). Wächst im Symbol $mP\infty$ der Deuteropyramiden m bis ins Unendliche, so erhält man das Deuteroprisma $\infty P\infty$ (Fig. 55). Ebenso gehen aus den achtseitigen Pyramiden die acht-

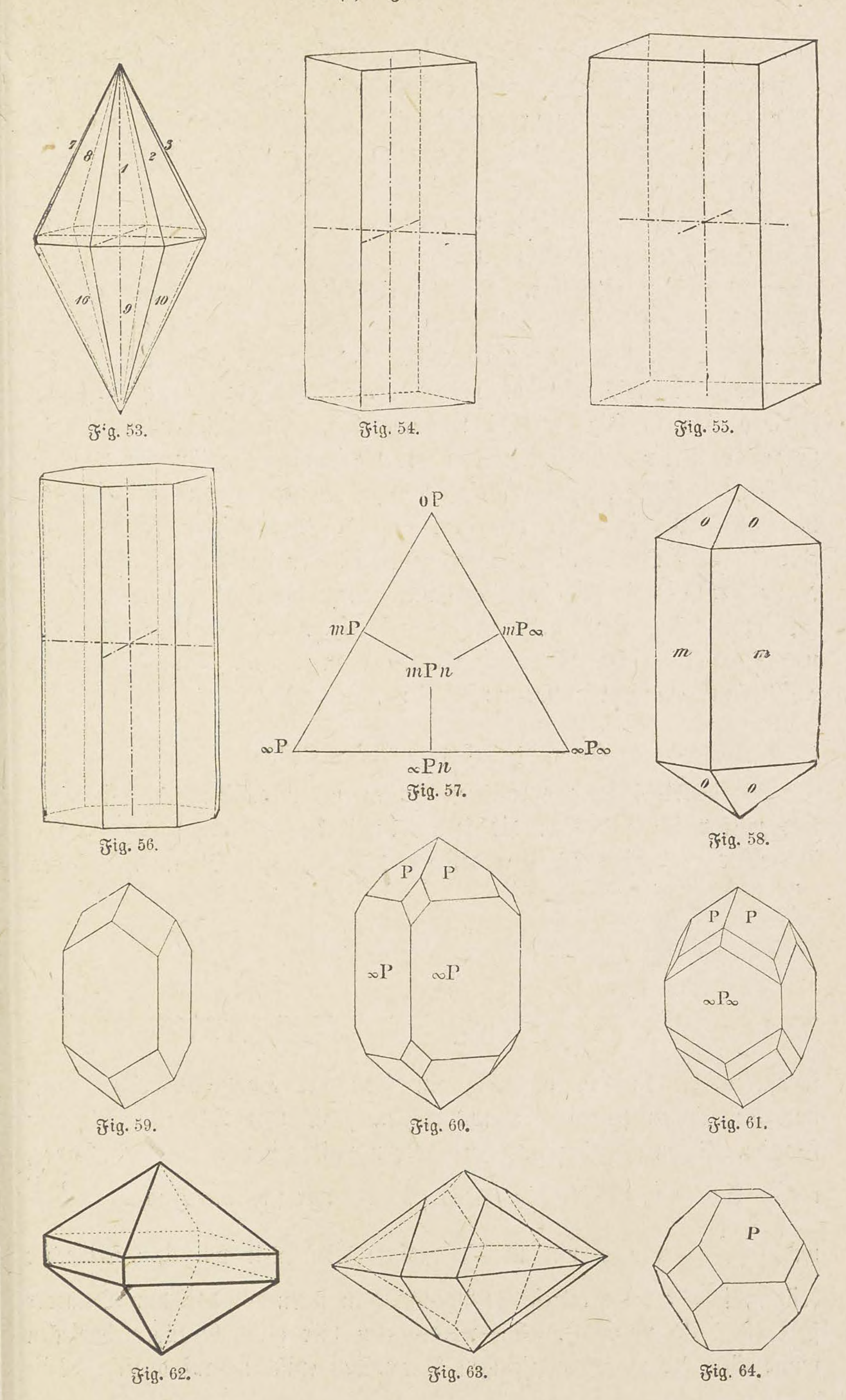


Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55.

Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58.

Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.

Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64.

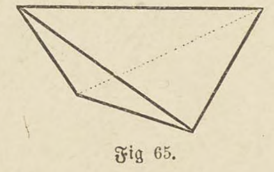
seitigen Prismen ∞Pn hervor, welche acht, zu je vier gleiche (primäre und sekundäre) Kanten besitzen (Fig. 56). Die Lage der Achsen ist aus den einzelnen Figuren ersichtlich. Die offenen Formen sind nach dem Gesagten sämtlich Grenzformen. Sie finden sich sehr häufig, z. B. am Zinnstein 0P, ∞P, ∞P∞, ∞P2.

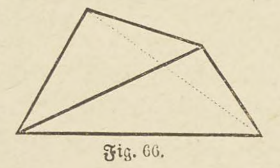
Wird im Zeichen mPn der achtseitigen Pyramiden $n = \infty$, so entsteht eine Deuteropyramide; für $n = \infty$ im Zeichen ∞Pn erhält man wieder das Deuteroprisma. Die Beziehungen der verschiedenen quadratischen Formen zueinander lassen sich in ähnlicher Weise, wie es im regulären System geschehen, durch ein Schema (Fig. 57) übersichtlich darstellen.

Einige der wichtigsten Kombinationen holoedrischer quadratischer Formen sind in Fig. 58—64 wiedergegeben. Die Flächen der Protopyramiden treten am Protoprisma als vierflächige Zuspitzungen von den Flächen, am Deuteroprisma als solche von den Kanten aus auf (Fig. 58 und 59). In Fig. 60 erscheinen an der Kombination ∞P · P die Kombinationsecken durch die (rhombischen) Flächen von 2P∞, in Fig. 61 an ∞P∞ · P die Kombinationskanten durch die Flächen von 3P3 abgestumpft. Die Kombinationen P · ∞P (Fig. 62), P · P∞ (Fig. 63) und P · ∞P∞ · 0P (Fig. 64) sind leicht zu deuten. Fig. 59 und 61 entsprechen dem Zirkon, wo $a : c = 1 : 0{,}6404$.

Hemiedrien des quadratischen Systems.

Von den drei im quadratischen System möglichen Hemiedrien sind für uns zwei von Wichtigkeit: die sphenoidische und die pyramidale. Die erstere entspricht der tetraedrischen des regulären Systems. Es ver-


Fig 65.


Fig. 66.

schwinden die in den abwechselnden (von der Haupt-Symmetrie-Ebene und den beiden primären Hauptschnitten gebildeten) Oktanten gelegenen Flächen. Dadurch gehen aus den Protopyramiden je zwei Gestalten hervor, welche Sphenoide (σφήν, Keil) genannt werden, die Zeichen $+\frac{mP}{2}$ und $-\frac{mP}{2}$ erhalten und um so größere Ähnlichkeit mit dem Tetraeder besitzen, je näher die betreffende Pyramide in ihren Winkeln dem Oktaeder steht (Fig. 65 und 66). Sie werden von vier gleichschenkligen Dreiecken umschlossen. Aus den achtseitigen Pyramiden entstehen auf dieselbe Weise

die weniger häufigen quadratischen Skalenoeder (σκαληνός, ungleichseitig), Formen, welche von acht ungleichseitigen Dreiecken umschlossen werden. Die übrigen Formen bleiben unter dem Einfluß der sphenoidischen Hemiedrie äußerlich unverändert. Der sphenoidischen Hemiedrie gehorcht z. B. der Kupferkies.

Bei der pyramidalen Hemiedrie fallen diejenigen Flächen aus, welche in den abwechselnden, von den primären und sekundären Hauptschnitten gebildeten Räumen liegen. Dabei erleiden nur die achtseitigen Pyramiden und die achtseitigen Prismen eine Gestaltsveränderung, die übrigen Formen bleiben unberührt. Aus den achtseitigen Pyramiden (Fig. 67) gehen die äußerlich den Proto- und Deuteropyramiden gleichenden, von acht gleichschenkligen Dreiecken umschlossenen Pyramiden dritter Art (Tritopyramiden) hervor, welche das Zeichen $\pm \frac{mPn}{2}$ erhalten (Fig. 68). Die Lage ihrer Randkanten zu den Nebenachsen ist aus

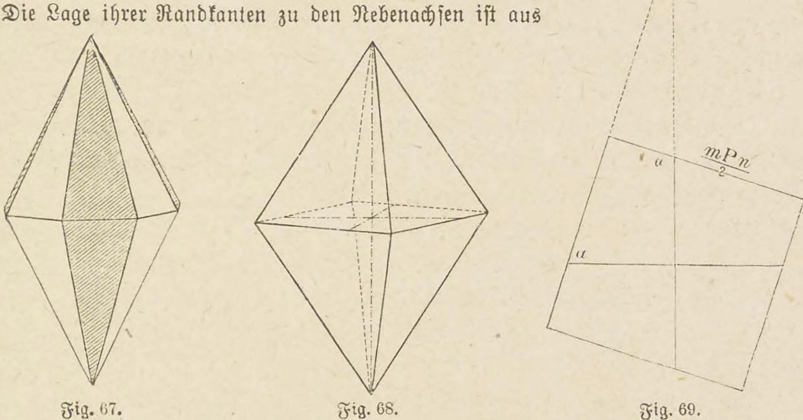


Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69.

dem horizontalen Querschnitt (Fig. 69) ersichtlich. Jeder Tritopyramide entspricht ein aus einem achtseitigen Prisma hervorgegangenes Tritoprisma, dessen Symbol $\pm \frac{\infty Pn}{2}$ ist. — Scheelit.

Im quadratischen System ist auch eine Art von Tetartoedrie möglich. Wir können dieselbe jedoch um so mehr übergehen, als es bisher noch nicht gelungen ist, Beispiele davon aufzufinden.

3. Hexagonales Kristallsystem.

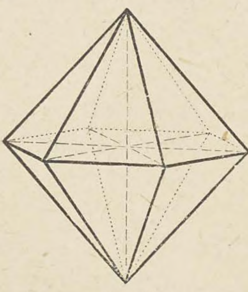
Das hexagonale System steht zu dem quadratischen in einer sehr nahen und interessanten Beziehung. Denkt man sich statt der beiden Nebenachsen (a) des letzteren deren drei, welche ebenfalls einander gleich sind und sich, indem sie sich in der Ebene gleichmäßig verteilen, unter 60° schneiden, so gelangt man vom Achsenkreuz des quadratischen zu dem des hexagonalen Systems. Mit den Nebenachsen in einer Ebene und mitten

zwischen ihnen liegend nimmt man noch drei Zwischenachsen an. Die Formen des hexagonalen Systems besitzen wie die des quadratischen einen sog. wirtelförmigen Bau, indem ihre Flächen gleichmäßig um die Hauptachse (c) gruppiert sind. Während bei den holoedrischen Formen die einzige Haupt-Symmetrie-Ebene bestehen bleibt, erhält man statt zwei primärer sowie sekundärer Hauptschnitte deren je drei. Die Zahl der Symmetrie-Ebenen steigt also auf sieben. Jede Fläche, mit Ausnahme der Basis, muß wegen der Vierzahl der Achsen wenigstens zwei (und dann zwei Nebenachsen) schneiden, sonst drei oder alle vier. Zur Bestimmung der Lage einer Fläche genügt es natürlich, die Abstände anzugeben, in welchen sie die Hauptachse und zwei Nebenachsen schneidet. Die hexagonalen Gestalten werden ähnlich aufgestellt wie die quadratischen; eine Nebenachse verläuft dabei von rechts nach links. Sie zerfallen in geschlossene und offene. Man unterscheidet ganz ähnlich wie im quadratischen System sieben Arten holoedrischer Formen:

a) geschlossene:
  1) Hexagonale Pyramiden erster Art (Protopyramiden),
  2) Hexagonale Pyramiden zweiter Art (Deuteropyramiden),
  3) Zwölfseitige (dihexagonale) Pyramiden;

b) offene:
  1) Hexagonales Prisma erster Art (Protoprisma),
  2) Hexagonales Prisma zweiter Art (Deuteroprisma),
  3) Zwölfseitige (dihexagonale) Prismen,
  4) Basis.

Die hexagonalen Pyramiden erster Art, Fig. 70, werden umschlossen von zwölf gleichschenkligen Dreiecken; sie besitzen zwölf gleiche Pol- und sechs gleiche Randkanten, zwei sechsflächige Polecken und sechs vierflächige zwei- und zweikantige Randecken. Jede Nebenachse verbindet zwei Randecken. Die Flächen dieser Pyramiden schneiden zwei Nebenachsen in gleicher (einfacher) Entfernung, außerdem die Hauptachse, gehen aber der dritten Nebenachse parallel. Jedem aus den Winkelwerten irgendeiner Protopyramide als Grundform abgeleiteten Achsenverhältnis a : c = 1 : c entspricht eine ganze Reihe von Pyramiden, ganz ebenso wie es bei den quadratischen Protopyramiden der Fall ist. Das kristallographische Zeichen ist allgemein a : a : ∞a : mc oder mP. Der vor P stehende Koeffizient bezieht sich auch hier immer auf die Hauptachse c. — Beryll. Die meisten in der Natur vorkommenden Proto-


Fig. 70.

pyramiden treten an hemiedrischen oder tetartoedrischen Mineralien auf, z. B. am Apatit, Quarz, sind also nur scheinbar holoedrische Formen.

Die hexagonalen Pyramiden zweiter Art sind äußerlich den Protopyramiden völlig ähnlich, unterscheiden sich aber von ihnen durch ihre Stellung zum Achsenkreuz. Sie sind im Verhältnis zu jenen gleichsam um 30° um die Hauptachse gedreht. Infolgedessen werden die Mittelpunkte je zweier Randkanten durch eine Nebenachse verbunden (s. den horizontalen Querschnitt Fig. 71, wo die kürzeren Randkanten der Protopyramiden durch punktierte Linien angedeutet sind). Jede Fläche einer hexagonalen Deuteropyramide schneidet außer der Hauptachse eine Nebenachse in der einfachen, die beiden andern benachbarten in der doppelten Entfernung. Demnach ist das kristallographische Symbol 2a : a : 2a : mc oder mP2. — Beryll, Apatit.

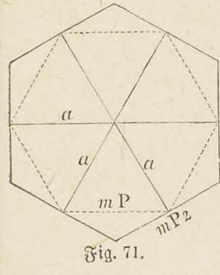
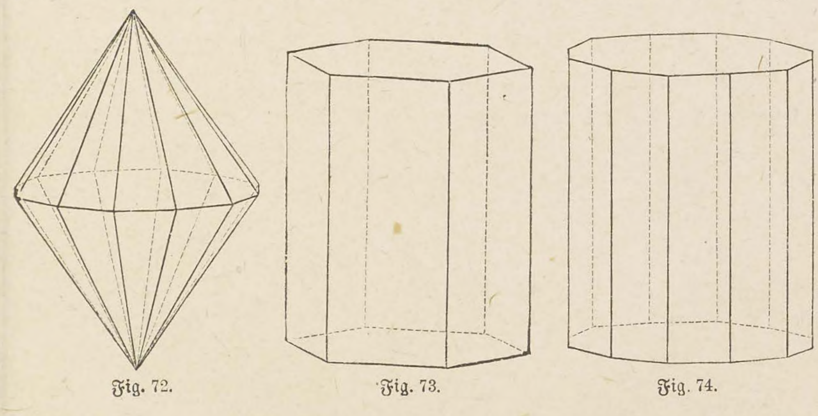


Fig. 71.

Die zwölfseitigen Pyramiden, Fig. 72, werden umschlossen von 24 ungleichseitigen Dreiecken; sie besitzen zwölf längere schärfere und zwölf kürzere stumpfere Polkanten, wovon die ersteren gewöhnlich in den primären, die letzteren in den sekundären Hauptschnitten liegen, sowie zwölf gleiche in einer Ebene liegende Randkanten. Die Ecken sind dreierlei: zwei


Fig. 72. Fig. 73. Fig. 74.

zwölfflächige sechs- und sechskantige Polecken, sechs spitzere und sechs stumpfere vierflächige zwei- und zweikantige Randecken. Die Flächen der zwölfseitigen Pyramiden schneiden außer der Hauptachse die drei Nebenachsen im Verhältnis von $1 : n : \frac{n}{n-1}$, wobei n größer als 1 und kleiner als 2 ist. Das allgemeine Zeichen ist demnach $a : na : \frac{n}{n-1} a : mc$ (die Angabe des dritten Achsenschnittes kann übrigens, wie schon bemerkt, wegbleiben) oder mPn.

Zwölfseitige Pyramiden finden sich untergeordnet, z. B. $3P\frac{3}{2}$ am Beryll.

Die offenen holoedrischen Formen des hexagonalen Systems gehen aus den geschlossenen hervor, sobald der Koeffizient m den Grenzwert 0 oder ∞ erreicht. Wird in mP m = ∞, so entsteht das hexagonale Prisma erster Art oder das Protoprisma ∞P (Fig. 73), welches sechs der Hauptachse parallele Kanten von 120° besitzt und im einfachsten Falle durch die Basis 0P geschlossen wird. Ebenso liefern die Deuteropyramiden mP2 für m = ∞ das hexagonale Prisma zweiter Art oder das Deuteroprisma ∞P2, welches gegen das Protoprisma gleichsam um 30° gedreht ist. Aus mPn entstehen für m = ∞ die zwölfseitigen (dihexagonalen) Prismen ∞Pn (Fig. 74), deren zwölf der Hauptachse parallele Kanten zu je sechs abwechselnd gleich sind. Die offenen Formen finden sich an den schon genannten Mineralien.

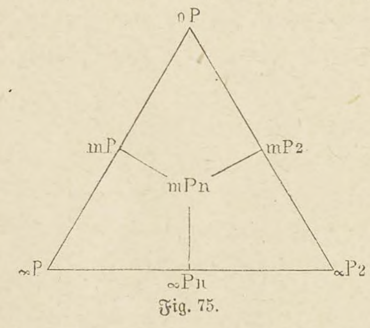


Fig. 75.

Der Koeffizient n bewegt sich zwischen den Grenzwerten 1 und 2. Wird n = 1, so gehen die zwölfseitigen Pyramiden in Protopyramiden über; wird n = 2, so verwandeln sie sich in Deuteropyramiden.

Die Beziehungen zwischen den verschiedenen hexagonalen Formen lassen sich durch das nebenstehende Schema (Fig. 75) übersichtlich darstellen.

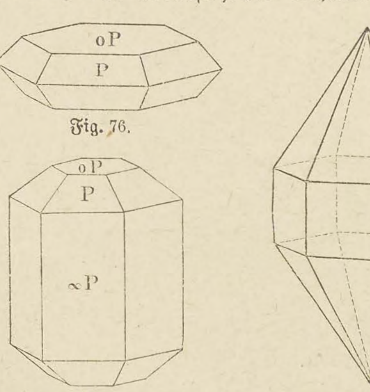
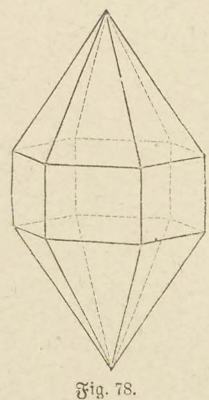


Fig. 76.

Fig. 77.


Fig. 78.

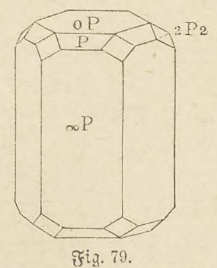


Fig. 79.

Einige der wichtigsten holoedrischen Kombinationen sind in Fig. 76—79 abgebildet. Es sind die Kombinationen 0P · P (Fig. 76), ∞P · P · 0P (Fig. 77), P · ∞P (Fig. 78) und ∞P · 0P · P · 2P2 (Fig. 79). Die kleinen, der Pyramide 2P2 angehörigen Flächen, welche die Kombinationsecken von ∞P und P ab=

stumpfen, besitzen die Form von Rhomben. Fig. 79 entspricht dem Beryll, wo a : c = 1 : 0,4989.

Hemiedrien des hexagonalen Systems.

Die hemiedrische Ausbildung der Formen spielt im hexagonalen System eine besonders wichtige Rolle. Es sind namentlich drei Arten derselben zu nennen: 1) die *rhomboedrische*, 2) die *pyramidale*, 3) die *trapezoedrische*. Am häufigsten erscheint die rhomboedrische, während von der trapezoedrischen unter den Mineralien bisher noch kein Beispiel aufgefunden wurde.

Bei der *rhomboedrischen* Hemiedrie, welche der sphenoidischen des quadratischen Systems entspricht, verschwinden diejenigen Flächen, welche in den abwechselnden, von der Haupt-Symmetrie-Ebene und den drei primären Hauptschnitten gebildeten Räumen (Dodekanten) liegen. Dabei bleiben, wie man sich leicht klar machen kann, die Deuteropyramiden sowie sämtliche offene Formen äußerlich unverändert, eine Veränderung erleiden also nur die Protopyramiden und die zwölfseitigen Pyramiden. Erstere liefern die Rhomboeder, letztere die hexagonalen Skalenoeder. Alle rhomboedrischen Formen besitzen drei (sekundäre) Hauptschnitte, die übrigen Symmetrie-Ebenen sind durch die Hemiedrie verloren gegangen.

Die *Rhomboeder* (Fig. 80 und 81) werden umschlossen von sechs Rhomben, sie besitzen sechs Polkanten sowie sechs abwechselnd auf- und absteigende Randkanten. Die Winkel beider ergänzen sich zu 180°. Neben zwei drei- und gleichkantigen Polecken finden sich sechs zwei- und einkantige Randecken. Die Nebenachsen verbinden die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender Randkanten. Man teilt die Rhomboeder ein in stumpfe und spitze, je nachdem der Polkantenwinkel größer oder kleiner als 90° ist.

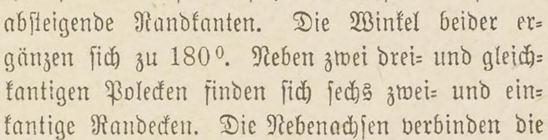


Fig. 80.

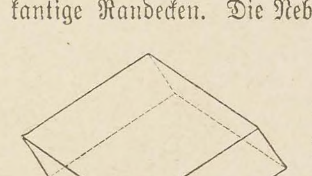


Fig. 81.

Fig. 81 stellt ein stumpfes, Fig. 82 ein spitzes Rhomboeder dar. Jede Protopyramide liefert ein Haupt- und ein (demselben kongruentes, nur durch die Stellung davon verschiedenes) Gegenrhomboeder, je nachdem sich die in Fig. 80 weiß gelassenen oder die schraffierten Flächen stärker ausdehnen. Das Zeichen für die Rhomboeder ist allgemein $\pm \frac{1}{2}$ (a : a : ∞ a : m c) oder, indem man dieselben (mit *Naumann*) als selbständige Formen auffaßt,

$\pm$ m R, wobei sich der Koeffizient m auf die Hauptachse bezieht. Das ausgezeichnetste Beispiel für das Vorkommen der Rhomboeder wie der rhomboedrischen Hemiedrie überhaupt liefert der Kalkspat. An demselben treten u. a. auf $-\frac{1}{2}$ R, + R, $-$ 2 R, + 4 R.

Die aus den zwölfseitigen Pyramiden hervorgehenden hexagonalen (oder ditrigonalen) Skalenoeder, Fig. 83, werden von zwölf un-

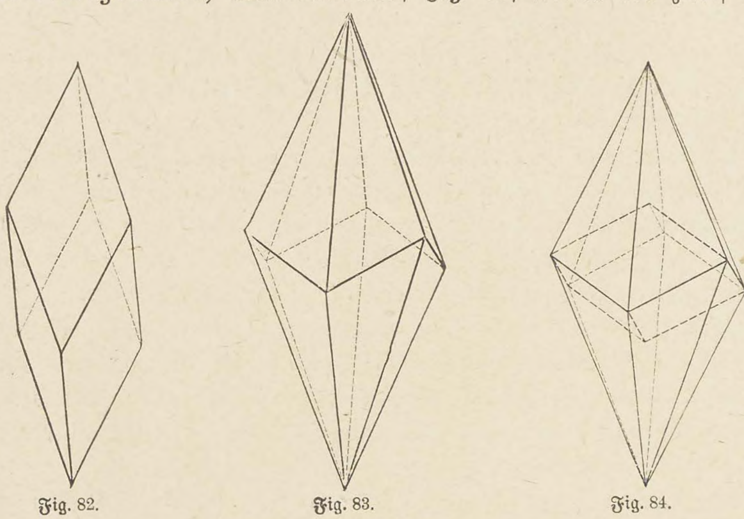
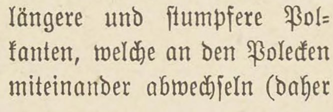


Fig. 82. Fig. 83. Fig. 84.

gleichseitigen Dreiecken umschlossen. Neben sechs abwechselnd auf- und absteigenden Randkanten besitzen sie sechs kürzere und schärfere, sowie sechs



längere und stumpfere Polkanten, welche an den Polecken miteinander abwechseln (daher

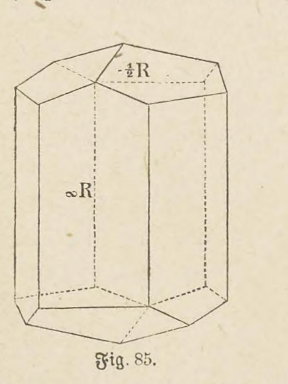


Fig. 85.

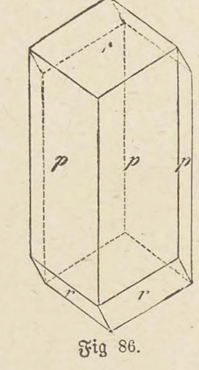


Fig 86.

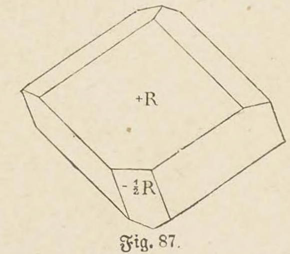


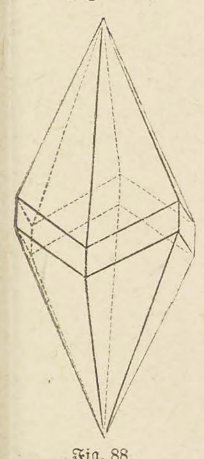
Fig. 87.

auch der Name ditrigonale Skalenoeder). Die Ecken sind zweierlei: zwei sechsflächige drei- und dreikantige Polecken und sechs unregelmäßige vierkantige Randecken. Die Nebenachsen verbinden die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender Randkanten. Von großer Wichtigkeit ist der Umstand, daß die Randkanten eines Skalenoeders genau dieselbe Lage haben wie die-

jenigen eines bestimmten Rhomboeders, welches man deshalb das eingeschriebene Rhomboeder der Randkanten nennt (Fig. 84). Darauf gründete Naumann seine Bezeichnungsweise der hexagonalen Skalenoeder. Während das Symbol $\pm \frac{1}{2}(a:na:mc)$ an die zwölfseitigen Pyramiden erinnert, geht Naumann von dem eingeschriebenen Rhomboeder $\pm mR$ aus und gibt durch einen zweiten Koeffizienten n an, wievielmal länger die Hauptachse des betreffenden Skalenoeders ist als die des eingeschriebenen Rhomboeders. So erhält man das Zeichen $\pm mRn$; die Hauptachse des Skalenoeders ist also $= m \cdot n \cdot c$, die des eingeschriebenen Rhomboeders $= mc$. Auch für die Skalenoeder bildet der Kalkspat ein ausgezeichnetes Beispiel; es finden sich an ihm u. a. $+R2$, $+R3$ (wobei $m = 1$), $+\frac{1}{4}R3$, $+\frac{2}{5}R2$, $-\frac{4}{5}R3$.

Aus dem Symbol mPn erhält man dasjenige der beiden aus der zwölfseitigen Pyramide hervorgehenden Skalenoeder nach der Formel: $\frac{m(2-n)}{n} R \frac{n}{2-n}$; z. B. aus $4P\frac{4}{3}$ das Symbol $\frac{4(2-\frac{4}{3})}{\frac{4}{3}} R \frac{\frac{4}{3}}{2-\frac{4}{3}} = 2R2$.

Die offenen Formen $0P$ und ∞P erhalten, der dargelegten Bezeichnungsweise entsprechend, die Symbole $0R$ und ∞R. Einige (mit Ausnahme von Fig. 86) dem Kalkspat angehörige Kombinationen sind in Fig. 85 bis 88 dargestellt, und zwar: $\infty R \cdot -\frac{1}{2}R$ (Fig. 85); $\infty P2 \cdot +R$ (Fig. 86); $+R \cdot -\frac{1}{2}R$ (Fig. 87), wobei zu bemerken ist, daß die Polkanten eines Rhomboeders durch die Flächen eines Rhomboeders von entgegengesetzter Stellung mit halber Hauptachsenlänge gerade abgestumpft werden; $+R3 \cdot \infty P2$ (Fig. 88). Die Flächen des Deuteroprismas stumpfen die Randkanten eines jeden Rhomboeders und Skalenoeders gerade ab.


Fig. 88.

Bei der pyramidalen Hemiedrie, welche der gleichnamigen des quadratischen Systems entspricht, fallen diejenigen Flächen aus, welche in den abwechselnden von den primären und sekundären Hauptschnitten gebildeten Räumen liegen. Eine Veränderung erleiden dabei nur die zwölfseitigen Pyramiden und die zwölfseitigen Prismen, alle andern Formen bleiben äußerlich unverändert. Die aus der pyramidalen Hemiedrie hervorgehenden Gestalten behalten die Haupt-Symmetrie-Ebene bei, verlieren aber die übrigen Symmetrie-Ebenen.

Die zwölfseitigen Pyramiden mPn gehen in sechsseitige Pyramiden $\pm \frac{mPn}{2}$ über, welche hexagonale Pyramiden dritter Art oder Tritopyramiden genannt werden. Sie gleichen äußerlich vollkommen den Proto- und Deuteropyramiden, indes verbinden die Nebenachsen weder die End- noch die Mittelpunkte

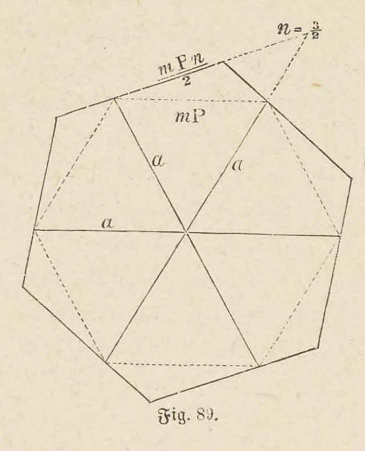


Fig. 89.

der gegenüberliegenden Randkanten, sondern befinden sich dazu in einer Zwischenstellung (s. den horizontalen Querschnitt, Fig. 89).

Die zwölfseitigen Prismen gehen in, den Tritopyramiden entsprechende, sechsseitige Prismen dritter Art (Tritoprismen) über, indem ihre abwechselnden Flächen ausfallen. Dieselben erhalten das Symbol $\pm \frac{\infty P n}{2}$.

Das wichtigste Beispiel für die pyramidale Hemiedrie sowie für die entsprechenden Kombinationen liefert der Apatit, an welchem z. B. $\frac{3 P \frac{3}{2}}{2}$ und $\frac{\infty P \frac{3}{2}}{2}$ auftreten.

Bei der dritten Art von Hemiedrie, der trapezoedrischen, fallen diejenigen Flächen aus, welche in den abwechselnden, von sämtlichen sieben Symmetrie-Ebenen gebildeten Räumen liegen. Sie führt von den drei genannten Hemiedrien allein zu enantiomorphen Formen, welche geneigtflächig sind und keine Symmetrie-Ebene mehr besitzen (S. 20). Aus den dihexagonalen Pyramiden gehen je zwei derartige, von zwölf — sechs oberen und sechs unteren — Trapezoiden umschlossene Trapezoeder hervor, während alle andern Formen äußerlich unverändert bleiben. Beispiele für diese Klasse liefern nur einzelne künstlich dargestellte Kristalle, doch ist dieselbe wichtig für die Ableitung der trapezoedrischen Tetartoedrie.

Als vierte Art von Hemiedrie dieses Systems sei noch die trigonale erwähnt, wo die in den abwechselnden, von den primären Hauptschnitten gebildeten Räumen gelegenen Flächen ausfallen. Die Protopyramiden gehen dabei in dreiseitige (trigonale), die zwölfseitigen in sechsseitige (ditrigonale) Pyramiden über. Einziges bekanntes Beispiel der seltene Benitoit $BaTiSi_3O_9$.

Tetartoedrien des hexagonalen Systems.

Von den S. 31 genannten drei Hemiedrien dieses Systems treten namentlich zu je zwei zugleich auf 1. die rhomboedrische mit der trapezoedrischen, 2. die rhomboedrische mit der pyramidalen. Die daraus hervorgehenden Tetartoedrien werden die trapezoedrische und die rhomboedrische genannt.

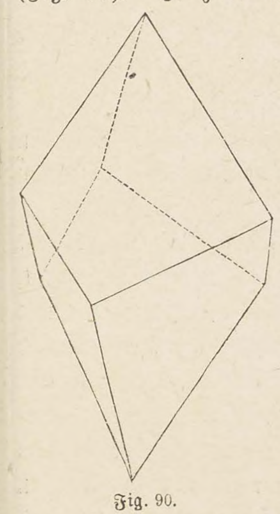
Die Verbindung der rhomboedrischen mit der trapezoedrischen Hemiedrie hat bei einer zwölfseitigen Pyramide zur Folge, daß von je vier zwischen den primären Hauptschnitten liegenden Flächen nur eine übrigbleibt, und zwar in den aufeinander folgenden Sextanten einmal eine obere und einmal eine untere, welche zugleich abwechselnd rechts oder links liegen. Bezeichnet man die aufeinander folgenden Flächen mit Zahlen, und zwar

oben 1 2 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 9 10 | 11 12,
unten 1 2 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 9 10 | 11 12,

so bleiben davon unter der Einwirkung der trapezoedrischen Tetartoedrie jedesmal im ganzen sechs Flächen übrig, und zwar entweder die unter I, II, III oder IV aufgeführten:

I	oben	— 2	— —	— 6	— —	— 10	— —
	unten	— —	3 —	— —	7 —	— —	11 —
II	oben	1 —	— —	5 —	— —	9 —	— —
	unten	— —	— 4	— —	— 8	— —	— 12
III	oben	— —	— 4	— —	— 8	— —	— 12
	unten	1 —	— —	5 —	— —	9 —	— —
IV	oben	— —	3 —	— —	7 —	— —	11 —
	unten	— 2	— —	— 6	— —	— 10	— —.

Die jedesmal übrigbleibenden Flächen bilden ein sog. *trigonales Trapezoeder*. Solcher Trapezoeder entstehen also aus einer zwölfseitigen Pyramide im ganzen vier. Sie werden von sechs Trapezoiden umschlossen (Fig. 90). Je zwei Trapezoeder, deren Flächen unter I und II sowie unter III und IV aufgeführt sind, würden vereinigt ein positives bzw. negatives Skalenoeder geben. Die trigonalen Trapezoeder, wie die trapezoedrisch-tetartoedrischen Formen überhaupt, besitzen keine Symmetrie-Ebene mehr. Man bezeichnet die vier Trapezoeder im Falle


Fig. 90.

I als rechtes positives $+\frac{mPn}{4}r$,

II als linkes positives $+\frac{mPn}{4}l$,

III als rechtes negatives $-\frac{mPn}{4}r$,

IV als linkes negatives $-\frac{mPn}{4}l$.

Das rechte positive und das linke positive, sowie anderseits das rechte negative und das linke negative sind enantiomorph, während das rechte positive und das rechte negative, sowie anderseits das linke positive und das linke negative sich nur durch die Stellung (sie sind um 60° gegeneinander gedreht) unterscheiden. Es ist dies auch aus der Aufeinanderfolge der Flächen bei I—IV zu ersehen.

Die zwölfseitigen Prismen gehen unter der Einwirkung der trapezoedrischen *Tetartoedrie* in zwei *sechsseitige (ditrigonale) Prismen* über, welche die Zeichen $\frac{\infty Pn}{4}r$ und $\frac{\infty Pn}{4}l$ erhalten. Bezeichnet

man die Flächen der holoedrischen Formen mit 1—12, so bleiben davon entweder 2, 3, 6, 7, 10, 11 oder 1, 4, 5, 8, 9, 12. Die ditrigonalen Prismen besitzen drei schärfere und drei stumpfere Kanten, welche miteinander abwechseln. Die zu den stumpferen Kanten zusammenstoßenden Flächen schärfen die abwechselnden Kanten des Protoprismas zu.

Die Deuteropyramiden behalten von ihren sechs oberen und sechs unteren Flächen nur je drei, welche zu zweien übereinander liegen. Infolgedessen gehen sie in zwei trigonale Pyramiden $\frac{mP2}{4}r$ und $\frac{mP2}{4}l$ über. Dieselben werden von sechs gleichschenkligen Dreiecken umschlossen, deren Grundlinien zu drei gleichen in der Ebene der Nebenachsen liegenden Randkanten zusammenstoßen.

Entsprechend den Deuteropyramiden zerfällt das Deuteroprisma in zwei dreiseitige (trigonale) Prismen $\frac{\infty P2}{4}r$ und $\frac{\infty P2}{4}l$, deren Kanten $= 60^0$ sind. Die Flächen dieser Prismen stumpfen die abwechselnden Kanten des Protoprismas gerade ab.

Die Protopyramiden erscheinen infolge der trapezoedrischen Tetartoedrie als Rhomboeder, während endlich das Protoprisma und die Basis äußerlich unverändert bleiben.

Die trapezoedrische Tetartoedrie erscheint in ausgezeichneter Weise an einem der häufigsten Mineralien, dem Quarz (hinsichtlich der betreffenden Kombinationen siehe die Figuren bei diesem Mineral).

Bei der rhomboedrischen Tetartoedrie, bei welcher die rhomboedrische Hemiedrie mit der pyramidalen verbunden erscheint, gehen sowohl aus den Proto- als auch aus den Deuteropyramiden und den zwölfseitigen Pyramiden Rhomboeder hervor, welche man, entsprechend ihrer verschiedenen Lage zum Achsenkreuz, als solche erster, zweiter und dritter Art unterscheidet. Die Rhomboeder dritter Art besitzen weder die Flächenlage einer Proto- noch die einer Deuteropyramide, sondern nehmen eine Zwischenstellung zwischen beiden ein. Die zwölfseitigen Prismen liefern bei dieser Tetartoedrie je zwei Tritoprismen, während Protoprisma, Deuteroprisma und Basis äußerlich unverändert bleiben. Die rhomboedrisch-tetartoedrischen Formen besitzen zwar ebenso wie die trapezoedrisch-tetartoedrischen keine Symmetrie-Ebene mehr, allein es treten in dieser (parallelflächigen) Tetartoedrie keine enantiomorphen Gestalten auf. Ein Beispiel liefert der Dolomit.

Hemimorphie.

Im Anschluß an die Hemiedrien und Tetartoedrien des hexagonalen Systems besprechen wir eine Erscheinung, welche zwar mit dem besondern

Namen Hemimorphie belegt wurde, im Grunde genommen aber eine Art von Hemiedrie darstellt bzw., wenn sie mit einer Hemiedrie verbunden auftritt, zu einer Art von Tetartoedrie führt. Diese Erscheinung besteht darin, daß an den beiden (entgegengesetzten) Hälften einer einzeln vorhandenen Achse, welche bei holoedrischer Ausbildung eine Symmetrie-Achse sein würde, die Flächen verschiedener Formen auftreten oder doch auftreten können, demnach jede die betreffende Achse schneidende Form nur mit der Hälfte ihrer Flächen ausgebildet zu sein braucht. Das Wesen der Hemimorphie liegt also, ebenso wie es bei der Hemiedrie der Fall ist, weniger in dem wirklichen Fehlen der einen Formenhälfte, als vielmehr darin, daß die beiden Hälften hinsichtlich ihres Vorkommens an den betreffenden Kristallen gänzlich unabhängig voneinander sind. — Jene Achse nennt man die Achse der Hemimorphie. Die zu ihr senkrechte Ebene kann natürlich für die betreffenden Kristalle keine Symmetrie-Ebene mehr sein.

Im regulären System, wo alle drei Achsen gleichwertig sind, kann nach dem Gesagten eine hemimorphe Ausbildung nicht auftreten. Hingegen findet sie zuweilen im quadratischen, sowie häufiger im hexagonalen System, und zwar nach der Hauptachse statt; auch im rhombischen und monoklinen System kommt sie, wie wir später sehen werden, nicht selten vor.

Mit der Hemimorphie ist stets die Eigenschaft der polaren Pyro-Elektrizität verbunden, d. h. die betreffenden Kristalle zeigen beim Erwärmen an den beiden Enden der Achse der Hemimorphie freie, aber entgegengesetzte Elektrizität. Während das eine Ende positiv elektrisch ist, weist das andere negative Elektrizität auf (vgl. elektrische Eigenschaften).

Von den hexagonal kristallisierenden Mineralien besitzt der rhomboedrische Turmalin die deutlichste hemimorphe Ausbildung. Der in Fig. 91 wiedergegebene Kristall zeigt an seinem oberen Ende die Flächen $r = +R$ (als trigonale Pyramide) und $z = +R3$ (als ditrigonale Pyramide), an seinem unteren hingegen nur die Basis $0R$. Außerdem erscheint das Deuteroprisma $m = \infty P2$.

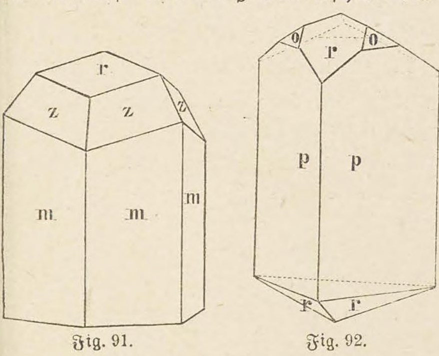


Fig. 91. Fig. 92.

Fig. 92 stellt eine andere Kombination desselben Minerals dar, bei welcher $r = +R$ oben und unten zugleich auftritt, während $o = -2R$ nur oben erscheint. Besonders interessant ist das Verhalten der Prismenflächen p, welches einen deutlichen Beweis dafür liefert, daß das Protoprisma rhomboedrischer Kristalle als ein Rhomboeder mit unendlich langer Hauptachse aufzufassen ist. Ebenso nämlich, wie ein Rhomboeder infolge der Hemimorphie in eine obere und eine untere dreiflächige Hälfte, d. i. in zwei offene trigonale Pyramiden zerfällt, von welchen eine fehlen kann, zerfallen auch die Flächen

des genannten Prismas, welche abwechselnd als obere und untere betrachtet werden, in drei obere und ebensoviele untere. An dem in Fig. 92 wiedergegebenen Kristall erscheinen demgemäß nur drei Flächen des Protoprismas $p = \infty R$, welche ein dreiseitiges (trigonales) Prisma bilden. Ebenso würde ein zwölfseitiges Prisma als Grenzform der entsprechenden Skalenoeder infolge der Hemimorphie in eine obere und eine untere sechsflächige Hälfte zerfallen bzw. als ditrigonales Prisma erscheinen. Das Deuteroprisma $m = \infty P2$ (Fig. 91) hingegen erleidet durch die Hemimorphie keine Veränderung hinsichtlich seiner Flächenzahl, weil seine aufeinander folgenden Flächen zugleich in den abwechselnden oberen und unteren, von der rhomboedrischen Hemiedrie betroffenen Kristallräumen (Dodekanten) liegen. — Derselben Klasse wie der Turmalin gehört die Antimonsilberblende oder das dunkle Rotgiltigerz an.

Einer andern hemiedrisch-hemimorphen Klasse des hexagonalen Systems (Verbindung der pyramidalen Hemiedrie mit Hemimorphie nach der Hauptachse) ist der Nephelin zuzurechnen, während der Wulfenit für die entsprechende Klasse des quadratischen Systems ein Beispiel zu liefern scheint.

4. Rhombisches Kristallsystem.

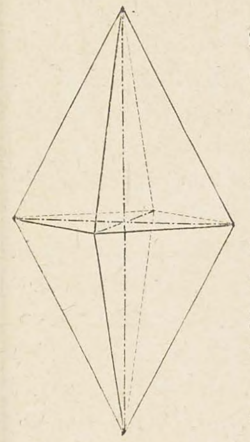
Die Formen des rhombischen Systems werden auf drei Achsen bezogen, welche zwar noch aufeinander senkrecht stehen, jedoch sämtlich verschieden lang und ungleichwertig sind. Eine der drei Achsen wird, infolge einer Übereinkunft bei jedem einzelnen in diesem System kristallisierenden Mineral, zur Vertikalachse gewählt und mit c bezeichnet. Die zu c senkrechte Fläche wird Basis genannt. Von den beiden andern Achsen nennt man die längere b Makrodiagonale (der rhombischen Basis), die kürzere a Brachydiagonale. Die Kristalle werden so gestellt, daß b von rechts nach links verläuft, während a dem Beschauer zugewendet ist. Das aus den Winkelwerten der Grundform (siehe unten) abgeleitete Achsenverhältnis $a : b : c$ ist ein irrationales. Gewöhnlich setzt man $b = 1$, dann ist $a < 1$, $c \gtreqless 1$. Die Symmetrie-Verhältnisse der holoedrischen Formen sind in diesem System sehr einfacher Art. Eine Haupt-Symmetrie-Ebene gibt es nicht mehr, weil sämtliche Achsen ungleich sind. Die durch die Achsen a und b gelegte Ebene nennt man den basischen, die durch b und c gelegte den makrodiagonalen und die durch a und c gehende den brachydiagonalen Hauptschnitt. Dies sind die drei einzigen Symmetrie-Ebenen des rhombischen Systems.

Man teilt die holoedrischen rhombischen Formen ein in:

1. geschlossene, das sind die Pyramiden, und
2. offene, das sind die Prismen, zum Teil Domen genannt, und die drei Pinakoide (πίναξ, Tafel).

Die rhombischen Pyramiden, Fig. 93, werden umschlossen von acht ungleichseitigen Dreiecken. Sie besitzen vier längere schärfere und vier

kürzere stumpfere Polkanten, sowie vier gleiche Randkanten. Neben zwei vierflächigen zwei- und zweikantigen Polecken finden sich vier ebensolche Randecken, von welchen zwei gegenüberliegende spitzer und zwei stumpfer sind.


Fig. 93.

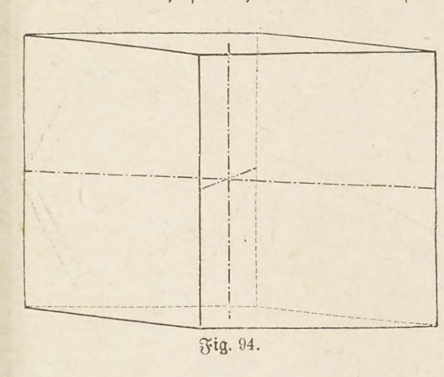
Wegen der Unabhängigkeit der drei Achsen voneinander ist nun bei jedem rhombischen Mineral eine große Zahl von Pyramiden möglich, welche sich in drei Reihen ordnen lassen. Bezeichnet man die zur Grundform gewählte Pyramide mit a : b : c oder P, so sind zu unterscheiden:

1. Protopyramiden mit dem allgemeinen Symbol a : b : mc oder mP, z. B. $\frac{1}{2}$P, 2P, 3P. Dieselben stehen zur Grundpyramide in derselben Beziehung wie die Protopyramiden des quadratischen und hexagonalen Systems zur Grundform.

2. Makropyramiden mit dem allgemeinen Symbol a : nb : mc oder m$\bar{P}$n (mP$\bar{n}$), z. B. $\bar{P}$2, $\frac{3}{4}\bar{P}\frac{3}{2}$. Der zweite Koeffizient n > 1 bezieht sich hier auf die Makrodiagonale, während die Brachydiagonale unverändert bleibt; daher das Zeichen ¯ über P (oder wohl richtiger über n).

3. Brachypyramiden mit dem allgemeinen Symbol na : b : mc oder m$\breve{P}$n (mP$\breve{n}$), z. B. $\breve{P}$2, 6$\breve{P}\frac{4}{3}$. Der Koeffizient n > 1 bezieht sich in dieser Reihe auf die Brachydiagonale, während die Makrodiagonale unverändert bleibt; daher das Zeichen ˘ über P (oder über n).

Die offenen Formen gehen aus den geschlossenen hervor, indem der Koeffizient m bzw. n = ∞ oder indem m = 0 wird. Wird in mP m = ∞, so erhält man das Protoprisma ∞P oder a : b : ∞c, dessen vier Flächen und demnach auch seine Kanten der Vertikalachse parallel gehen. Von den Kanten sind zwei, an der Brachydiagonale gelegene, stumpfer, die beiden andern schärfer. Der horizontale Querschnitt ist ein Rhombus. Im einfachsten Falle wird das Protoprisma durch die Basis (basisches Pinakoid) 0P oder ∞a : ∞b : c geschlossen (Fig. 94).


Fig. 94.

Wird in dem allgemeinen Symbol m$\bar{P}$n der Makropyramiden m = ∞, so resultieren die Makroprismen a : nb : ∞c oder ∞$\bar{P}$n; wird in

dem Symbol $m\breve{P}n$ der Brachypyramiden $m = \infty$, so entstehen die **Brachyprismen** $na : b : \infty c$ oder $\infty \breve{P}n$; beide Formenreihen unterscheiden sich von dem Protoprisma nur durch die verlängerte Makro- bzw. Brachydiagonale (siehe den horizontalen Querschnitt Fig. 95). Sämtliche genannte Prismen werden als vertikale bezeichnet.

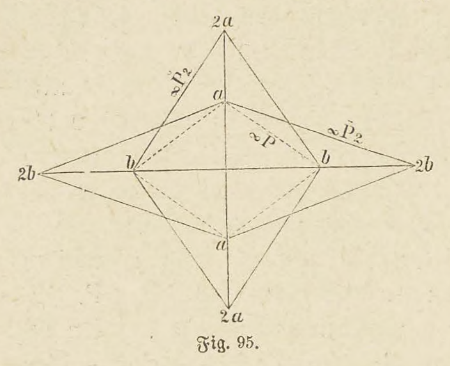
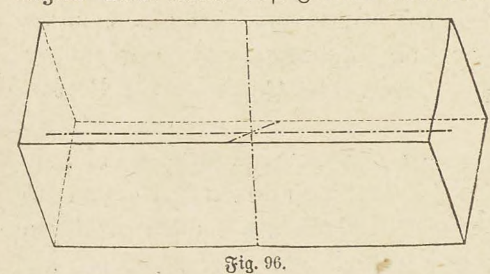


Fig. 95.

Wird in dem Symbol $m\bar{P}n$ $n = \infty$, so erhält man eine Reihe von den vertikalen Prismen genau entsprechenden, vierflächigen Formen $a : \infty b : mc$ oder $m\bar{P}\infty$, welche sich jedoch dadurch von jenen unterscheiden, daß ihre Kanten nicht in der Richtung der Vertikalachse, sondern in derjenigen der Makrodiagonale liegen. Man nennt diese Formen **Makrodomen** (*δῶμα*, Dach), Fig. 96.


Fig. 96.

Ganz in derselben Weise geht aus den Brachypyramiden $m\breve{P}n$, indem $n = \infty$ wird, eine Reihe von **Brachydomen** $\infty a : b : mc$ oder $m\breve{P}\infty$ hervor, deren Kanten in der Richtung der Brachydiagonale liegen (Fig. 97).

Die Makrodomen werden im einfachsten Falle geschlossen durch das **Brachypinakoid**, welches zu ihnen in der nämlichen Beziehung steht wie die Basis $0P$ zu sämtlichen vertikalen Prismen. Das Brachypinakoid

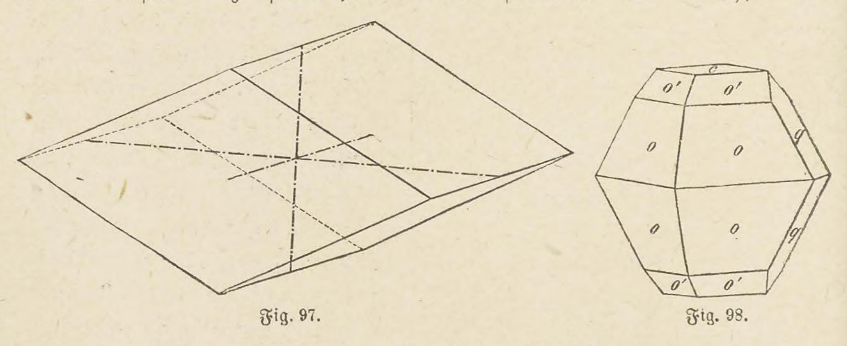


Fig. 97. Fig. 98.

erhält das Zeichen $\infty a : b : \infty c$ oder $\infty \breve{P} \infty$. Es besteht, wie die Basis, aus zwei parallelen Flächen, deren Richtung die der Achsenebene ac ist (Fig. 96).

Die Brachydomen werden im einfachsten Falle geschlossen durch das Makropinakoid, welches zu ihnen in derselben Beziehung steht wie das Brachypinakoid zu den Makrodomen. Das Makropinakoid erhält das Zeichen $a : \infty b : \infty c$ oder $\infty \bar{P} \infty$. Es besteht aus zwei parallelen Flächen, deren Richtung mit der Richtung der Achsenebene bc übereinstimmt (Fig. 97).

Man kann das Brachypinakoid als ein Brachyprisma $\infty \breve{P} n$ auffassen, bei welchem $n = \infty$ ist, desgleichen das Makropinakoid als ein Makroprisma $\infty \bar{P} n$, bei welchem n den Wert ∞ erreicht hat. Darauf deuten auch die Symbole $\infty \breve{P} \infty$ und $\infty \bar{P} \infty$ hin.

Als Beispiele von holoedrischen Kombinationen des rhombischen

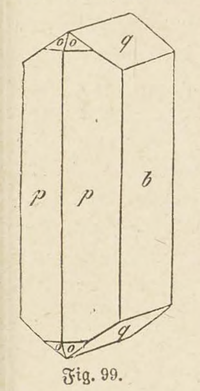


Fig. 99.

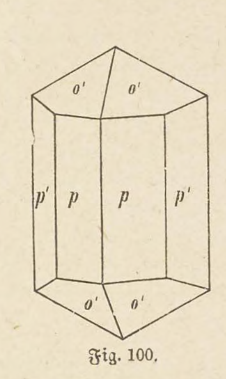


Fig. 100.

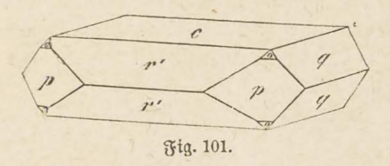


Fig. 101.

Systems mögen je ein Kristall des Schwefels (Fig. 98), des Aragonits (Fig. 99), des Topases (Fig. 100) und des Schwerspats (Fig. 101) dienen. Der erstere bietet folgende Flächen dar: $o = P$, $o' = \frac{1}{3}P$, $q = \breve{P}\infty$, $c = 0P$. Der Aragonitkristall zeigt die Flächen: $b = \infty\breve{P}\infty$, $p = \infty P$, $q = \breve{P}\infty$, $o = P$; der Topas: $p = \infty P$, $p' = \infty\breve{P}2$, $o' = P$; der Schwerspat endlich: $c = 0P$, $r' = \frac{1}{2}\bar{P}\infty$, $q = \breve{P}\infty$, $p = \infty P$, $o = P$. Das Achsenverhältnis des letzteren $a : b : c$ ist beispielsweise $= 0{,}8152 : 1 : 1{,}3136$.

Eine im rhombischen System sehr häufig vorkommende Erscheinung ist die, daß die Kristalle nach einer Achse oder nach einer Achsenebene gestreckt und dadurch säulen- oder tafelförmig ausgebildet sind.

Hemiedrie und Hemimorphie des rhombischen Systems.

1. Wie im quadratischen, so gibt es auch im rhombischen System eine sphenoidische Hemiedrie, bei welcher diejenigen Flächen ausfallen, welche in den abwechselnden von den drei Hauptschnitten gebildeten Räumen liegen. Dabei liefern die Pyramiden neue Formen, indem sie in je zwei Sphenoide zerfallen, welche sich jedoch nicht nur, wie es bei denjenigen des quadratischen Systems der Fall ist, durch ihre Stellung unterscheiden, sondern zugleich enantiomorph sind. Sie werden von vier ungleichseitigen Dreiecken umschlossen. Die Prismen, Domen und Pinakoide des rhombischen Systems erleiden unter dem Einfluß der sphenoidischen Hemiedrie äußerlich keine Veränderung. Als Beispiel für diese Art der Hemiedrie sei das

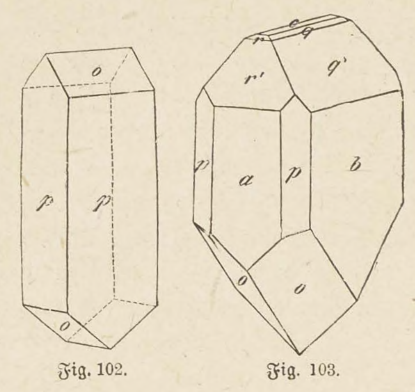


Fig. 102. Fig. 103.

Bittersalz genannt. Fig. 102 stellt einen Kristall desselben dar, welcher die Flächen $p = \infty P$ und $o = +\frac{P}{2}$ zeigt.

2. An einzelnen rhombisch kristallisierenden Mineralien beobachtet man Hemimorphie nach einer Achse, welche man dann als Vertikalachse wählt. Dahin gehört das Kieselzinkerz, auch Hemimorphit genannt. An dem in Fig. 103 dargestellten Kristall desselben treten oben $r = \bar{P}\infty$, $r' = 3\bar{P}\infty$, $q = \breve{P}\infty$, $q' = 3\breve{P}\infty$ und $c = 0P$, unten nur $o = 2\breve{P}2$ auf. Außer diesen Formen erscheinen $b = \infty\breve{P}\infty$, $a = \infty\bar{P}\infty$, $p = \infty P$, und zwar als Grenzformen oberer oder unterer Formenhälften scheinbar holoedrisch. Daß aber z. B. auch das Brachypinakoid hier in Wirklichkeit hemimorph ist, geht daraus hervor, daß die auf demselben nach kurzer Behandlung mit Salzsäure zu beobachtenden mikroskopisch kleinen Vertiefungen, die sog. Ätzfiguren (vgl. den betreffenden Abschnitt), in der Richtung der Vertikalachse nach oben und unten verschieden geformt sind. — Ausgeprägt hemimorph ist auch der rhombische Struvit.

5. Monoklines (monosymmetrisches) Kristallsystem.

Während im rhombischen System die drei Achsen ebenso wie die drei Hauptschnitte ungleichwertig, die acht von den letzteren gebildeten Räume aber (in der holoedrischen Klasse) noch gleichwertig sind, finden wir im monoklinen System eine weitere Unregelmäßigkeit darin, daß jene Räume nur zu je vier gleicher Art sind. Das Achsenkreuz eines in diesem System kristallisierenden Körpers besteht aus drei ungleichen und ungleichwertigen Achsen a, b und c, von welchen b auf a und c senkrecht steht, während a und c sich schiefwinklig schneiden. Die Achse a ist gegen c geneigt, daher die Bezeichnung „monoklin" (κλίνω, neige). Den spitzen Winkel, welchen a und c einschließen, bezeichnet man mit β — derselbe hat bei jedem hierhin gehörigen Mineral einen besondern Wert — und stellt die Kristalle so auf, daß c vertikal steht (Vertikalachse), während b horizontal von rechts nach links verläuft und a dem Beschauer zugekehrt ist, wobei der Winkel β vorn unten (sowie hinten oben) liegt. Die Achse b ist insofern besonderer Art und von vornherein ihrer Lage nach bestimmt, als bei den holoedrischen monoklinen Kristallen die rechts und links vom Achsenmittelpunkt um dieselbe gruppierten Flächen zueinander symmetrisch sind; sie wird deshalb die Symmetrie-Achse genannt. Weil sie die horizontal verlaufende Diagonale der schiefen Basis ist, heißt sie auch Orthodiagonale, während die Achse a ihrer geneigten Lage wegen als Klinodiagonale bezeichnet wird.

Von den drei Hauptschnitten bzw. Achsenebenen, dem durch b und c gehenden orthodiagonalen, dem durch a und b gehenden basischen und dem durch a und c gehenden klinodiagonalen, ist nur der letztere eine, und zwar die einzige, Symmetrie-Ebene; deshalb nennt man das monokline System auch das monosymmetrische. Auf der Symmetrie-Ebene steht die Symmetrie-Achse b senkrecht. Die beiden andern Achsen entsprechen hierzu gewählten, parallel zur Symmetrie-Ebene verlaufenden Kanten. Es gibt in diesem System nur offene Formen, welche entweder aus zwei Paaren oder nur aus einem Paar paralleler Flächen bestehen. Die ersteren sind, da ihre vier Kanten sämtlich parallel laufen, eigentlich ohne Ausnahme Prismen, jedoch teilt man sie ein in Hemipyramiden, vertikale Prismen und geneigte Prismen oder Klinodomen. Die aus nur zwei Flächen bestehenden Formen zerfallen in Hemidomen, welche

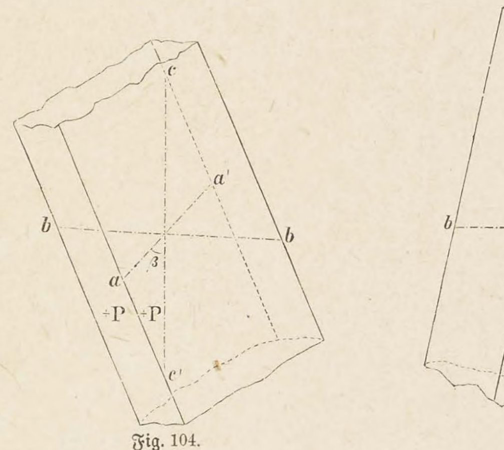


Fig. 104.

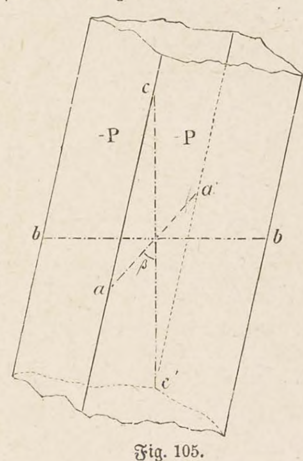


Fig. 105.

zu je zwei ein horizontales Prisma oder Orthodoma bilden, und in die drei Endflächen: Basis, Klinopinakoid und Orthopinakoid.

Indem im monoklinen System wegen der Ungleichheit der von den Hauptschnitten gebildeten Räume von acht, die drei Achsen schneidenden Flächen nur je vier gleiche kristallographische Lage besitzen können, zerfallen die Pyramiden in zwei gänzlich voneinander unabhängige vierflächige prismatische Formen, oder besser gesagt, erst zwei solche Formen bilden zusammen eine sog. monokline Pyramide, die also in Wirklichkeit gar nicht als einfache Form existiert. Solche offenen Formen nennt man deshalb Hemipyramiden; sie werden als positive und negative unterschieden, je nachdem ihre vorderen Flächen in den beiden unteren Räumen (wo sich der spitze Winkel β befindet) oder in den beiden oberen liegen (Fig. 104 u. 105). Geht man von zwei sich ergänzenden Hemipyramiden

als **Grundform** aus (Fig. 106), indem man das Achsenkreuz so legt, daß alle acht Flächen die drei Achsen jedesmal in derselben (einfachen) Entfernung vom Achsenmittelpunkte schneiden, so erhält die positive Hemipyramide das Symbol a : b : c′ oder + P, die negative das Symbol a : b : c oder — P.

Einen Kristall eines holoedrisch monoklin kristallisierenden Minerals, des Orthoklases, stellt Fig. 107 dar. Das Achsenverhältnis desselben a : b : c ist = 0,6585 : 1 : 0,5554, der Winkel $\beta = 63^0\ 57'$. Die mit o bezeichneten Flächen gehören der positiven Hemipyramide + P an, während die Flächen der entsprechenden negativen Hemipyramide — P fehlen. Hieraus geht hervor, daß beide Hemipyramiden hinsichtlich ihres Auftretens an den Kristallen des Orthoklases ganz unabhängig voneinander sind.

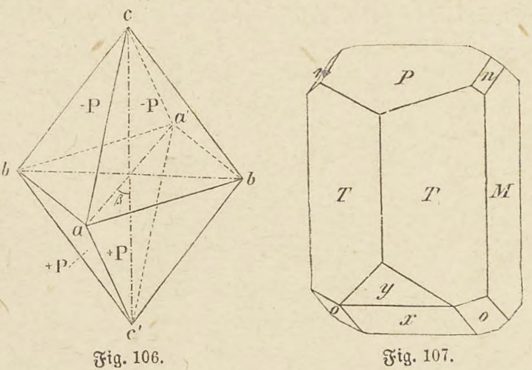


Fig. 106. Fig. 107.

Ähnlich wie im rhombischen System leitet man im monoklinen von der Grundform ± P zunächst eine Reihe von **Protopyramiden** ab, welche sich von ± P nur durch ihre längere oder kürzere Vertikalachse unterscheiden und daher das allgemeine Zeichen ± mP erhalten. Aus diesen werden nun durch Verlängerung der Orthodiagonale bei gleichbleibender Achse a die **Orthopyramiden** ± mP̄n, durch Verlängerung der Klinodiagonale bei gleichbleibender Achse b die **Klinopyramiden** ± mP̀n abgeleitet. Dabei bedeutet der durch P gezogene horizontale oder schiefe Strich, daß sich der Koeffizient n auf die horizontale oder die geneigte Diagonale der von ∞ P begrenzten Basis (die Achse b oder a) bezieht.

Die **vertikalen Prismen** gehen aus den Hemipyramiden hervor, sobald der auf die Vertikalachse bezügliche Koeffizient m = ∞ wird. Demnach unterscheidet man das **Protoprisma** ∞ P, die **Orthoprismen** ∞ P̄n und die **Klinoprismen** ∞ P̀n. In Fig. 107 ist T = ∞ P.

Die **Klinodomen**, deren vier Flächen der Klinodiagonale parallel gehen, entstehen aus den Klinopyramiden, indem in dem Symbol derselben n = ∞ wird; sie erhalten demnach das allgemeine Zeichen mP̀ ∞. In Fig. 107 ist n = 2P̀ ∞.

Die Vorzeichen fallen bei den vertikalen Prismen sowie bei den Klinodomen fort, weil diese Formen gleichzeitig Grenzformen der positiven und der entsprechenden negativen Hemipyramiden sind.

Wird in dem Symbol der Orthopyramiden n = ∞, so gehen dieselben in positive oder negative **Hemidomen** über, welche nur aus zwei parallelen Flächen bestehen und das allgemeine Zeichen ± mP̄ ∞ erhalten. Ein positives und ein negatives Hemidoma mit gleichem Koeffizienten m ergänzen sich zu einem (prismatischen) **Orthodoma** (Fig. 108). In Fig. 107 ist x = + P̄ ∞, y = + 2P̄ ∞.

Was schließlich die drei **Pinakoide** betrifft, so erhält die **Basis** (parallel der Achsenebene ab) als Grenzform der Pyramiden mP das Zeichen 0P, das **Orthopinakoid** (parallel der Achsenebene bc) als Grenzform der Orthodomen mP̄ ∞ das Zeichen ∞ P̄ ∞ und das **Klinopinakoid** (parallel der Achsenebene ac) als Grenzform der Klinodomen mP̀ ∞ das Symbol ∞ P̀ ∞. In Fig. 107 ist M = ∞ P̀ ∞, P = 0P. Außer dem in Fig. 107 dargestellten mögen die beiden in Fig. 109 und 110 abgebildeten Kristalle von Gips und Eisenvitriol als Beispiele monokliner **Kombinationen** dienen. An dem einen (Fig. 109) ist o = — P, p = ∞ P und b = ∞ P̀ ∞; an dem andern (Fig. 110) ist p = ∞ P, c = 0P, q = P̀ ∞, b = ∞ P̀ ∞, r = — P̄ ∞, r′ = + P̄ ∞ und o = — P.

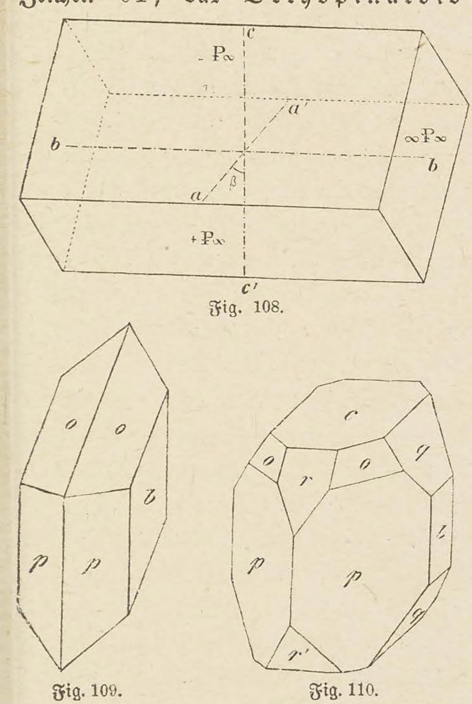


Fig. 108.
Fig. 109.
Fig. 110.

Hemiedrie und Hemimorphie des monoklinen Systems.

Im monoklinen System gibt es ebenso wie im rhombischen noch eine hemiedrische und eine hemimorphe Klasse. Bei der Hemiedrie bleibt von allen Formen, deren Flächen zur Symmetrie-Ebene nicht parallel sind, nur die vorn bzw. hinten gelegene Hälfte; hier wird also nur das Klinopinakoid äußerlich nicht verändert. Bei der Hemimorphie (nach der Orthodiagonale) zerfallen alle Formen, deren Flächen nicht zur Achse b parallel gehen, in eine rechte und eine linke Hälfte. Die Achsenebene ac ist also hier keine Symmetrie-Ebene mehr. — Unter den Mineralien kennt man nur ganz vereinzelte Beispiele dieser Klassen (Skolezit, ein wasserhaltiges Silikat, ist hemiedrisch, Lithionglimmer hemimorph), bei den organischen monoklinen Verbindungen kommt hingegen Hemimorphie häufiger vor, so z. B. beim Rohrzucker.

6. Triklines (asymmetrisches) Kristallsystem.

Das trikline System zeichnet sich vor allen übrigen dadurch aus, daß schon seine holoedrischen Formen keine Symmetrie-Ebene mehr besitzen. Jede solche Form besteht nur aus einem Paar paralleler Flächen, woraus folgt, daß an einem Kristall wenigstens drei verschiedene Formen auftreten müssen. Die Flächen werden auf drei verschieden lange, sich sämtlich schiefwinklig kreuzende Achsen (parallel zu drei Kanten) bezogen, daher der Name „triklines System“. Da keine der drei Achsen besonderer Art ist, so wählt man eine beliebige zur Vertikalachse c, und unterscheidet die beiden andern, ähnlich wie im rhombischen System, nach ihrer Länge als Makrodiagonale b und Brachydiagonale a. Letztere wird dem Beschauer zugekehrt. Die Achsenwinkel bezeichnet man mit α, β und γ, wobei α den Winkel zwischen b und c, β zwischen a und c, und γ zwischen a und b bedeutet, bezogen auf den rechten oberen vorderen Oktanten (Fig. 111).

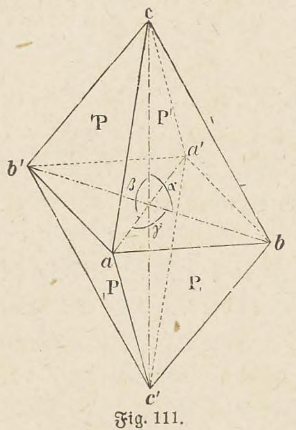


Fig. 111.

Nach dem Gesagten zerfällt jede nur scheinbar einfache trikline Pyramide in vier Flächenpaare (Tetartopyramiden, Viertelpyramiden), welche man nach der Lage ihrer vier vorderen Flächen bei der Grundform als rechte obere P′ (a : b : c), linke obere ′P (a : b′ : c), rechte untere P, (a : b : c′) und linke untere ,P (a : b′ : c′) unterscheidet. Diese vier Formen sind hinsichtlich ihres Vorkommens an Kristallen durchaus unabhängig voneinander, und nur die jedesmalige Wahl der Achsen ist die Ursache, warum ihre Flächen die drei Achsen sämtlich in der gleichen (einfachen) Entfernung vom Achsenmittelpunkt schneiden, sich deshalb zu einer vollständigen triklinen Pyramide ergänzen können.

Von der Grundform 'P' leitet man genau so, wie es im rhombischen System geschieht, die übrigen Protopyramiden m'P', ferner die Makropyramiden m'P̄'n und die Brachypyramiden m'P̆'n ab, welche sämtlich in je vier voneinander unabhängige Tetartopyramiden zerfallen.

Für $m = \infty$ gehen die Protopyramiden in das vertikale Protoprisma über, welches aus zwei Hemiprismen, einem rechten ∞ P' und einem linken ∞ 'P besteht. Ebenso liefern die Makro- und Brachypyramiden je zwei vertikale Hemiprismen mit den Zeichen ∞ P̄'n, ∞ 'P̄n und ∞ P̆'n, ∞ 'P̆n, welche den Namen Makro- bzw. Brachyprismen erhalten.

Die beiden Striche rechts oder links von P deuten an, daß die Hemiprismen Grenzformen zweier Tetartopyramiden zugleich sind.

Wird in den Symbolen der Makro- und Brachypyramiden der Koeffizient $n = \infty$, so gelangt man zu den Makro- und Brachydomen. Erstere zerfallen in zwei Hemidomen, ein oberes $m'\bar{P}'\infty$ und ein unteres $m,\bar{P},\infty$, letztere gleichfalls in zwei, ein rechtes $m,\breve{P}'\infty$ und ein linkes $m'\breve{P},\infty$. Die Flächen eines oberen makrodiagonalen Hemidomas liegen vorn oben und hinten unten, die eines unteren vorn unten und hinten oben.

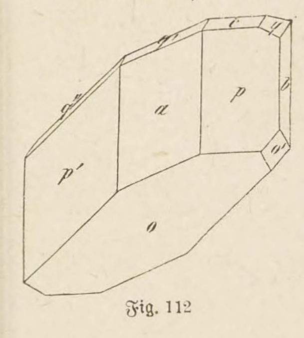


Fig. 112

Die Flächen eines rechten brachydiagonalen Hemidomas treten rechts oben und links unten, die eines linken links oben und rechts unten auf.

Die drei Pinakoide sind: die Basis $0P$, das Makropinakoid $\infty\bar{P}\infty$ und das Brachypinakoid $\infty\breve{P}\infty$.

Als Beispiel einer triklinen holoedrischen Kombination diene der in Fig. 112 abgebildete Kristall von Kupfervitriol. An demselben ist $o = P,$; $o' = 3\breve{P},3$; $p = \infty P',$; $p' = \infty{}',P$; $q = ,\breve{P}'\infty$; $q' = '\breve{P},\infty$; $q'' = 2'\breve{P},\infty$; $a = \infty\bar{P}\infty$; $b = \infty\breve{P}\infty$ und $c = 0P$. Das Achsenverhältnis des Kupfervitriols $a : b : c$ ist $= 0{,}5656 : 1 : 0{,}5499$; Winkel $\alpha = 97^0\,39'$, $\beta = 106^0\,49'$ und $\gamma = 77^0\,37'$.

Hemiedrie des triklinen Systems.

Im triklinen System ist eine Hemiedrie in der Weise möglich, daß jede Form, also jedes Paar paralleler Flächen, in zwei voneinander unabhängige Einzelflächen zerfällt. Jede einzelne Fläche stellt dann eine besondere Form dar. Hier hat man also den vollkommensten Gegensatz zur holoedrischen Klasse des regulären Systems mit dem Hexakisoktaeder als flächenreichster Kristallform. Unter den Mineralien ist bisher noch kein Beispiel dieser Hemiedrie gefunden worden, doch wurde sie an einzelnen künstlich dargestellten Stoffen beobachtet.

Die Millerschen kristallographischen Symbole.

Außer den von Naumann und Weiß herrührenden Bezeichnungen der verschiedenen Kristallformen gibt es noch mehrere andere, von denen namentlich eine, welche nach dem englischen Mineralogen Miller benannt ist, auch in Deutschland üblich ist. Die Millersche Bezeichnung schließt sich eng an die Weißsche an, indem sie von den Achsenschnitten oder Parametern einer Fläche ausgeht, indes nicht diese selbst, sondern die reziproken Werte der auf die Achsen bezüglichen Koeffizienten, die sog. Indices, enthält. Auch fällt das Zeichen für die einzelnen Achsen (die Buchstaben

a, b und c) aus, es werden nur die Indices unmittelbar hintereinander geschrieben. Für alle Systeme, mit Ausnahme des hexagonalen, geht man von den drei Achsen a, b und c aus, wovon a von vorn nach hinten, b von rechts nach links, c von oben nach unten verläuft. Die vordere Hälfte von a, die rechte von b und die obere von c (also die drei Halbachsen im vorderen, rechten, oberen Oktanten) bezeichnet man als positiv, die andern Hälften als negativ, desgleichen die darauf bezüglichen Indices. Letztere werden im allgemeinen mit h, k, l bezeichnet. Sind nun bei einer Kristallfläche die auf die Achsen a, b und c bezüglichen Koeffizienten m, n und r, so verhält sich

$$h : k : l = \frac{1}{m} : \frac{1}{n} : \frac{1}{r}, \text{ also auch } m : n : r = \frac{1}{h} : \frac{1}{k} : \frac{1}{l}.$$

Die Indices h, k, l sind, als Nenner von Brüchen mit dem Zähler 1, den Abschnitten der Fläche an den drei Achsen umgekehrt proportional, während die Koeffizienten in den Weißschen und Naumannschen Symbolen diesen Abschnitten direkt entsprechen.

Liegt z. B. eine Fläche im vorderen, rechten, oberen Oktanten und kommt ihr das Weißsche Symbol 3a : 2b : c zu, so verhält sich nach dem Gesagten $h : k : l = \frac{1}{3} : \frac{1}{2} : \frac{1}{1}$.
In dem letzteren Verhältnis multipliziert man nun alle Glieder mit sechs, dann geht es über in 2 : 3 : 6, und das Millersche Zeichen für die Fläche wird (236). Liegt die Fläche im vorderen, rechten, unteren Oktanten, so müßte man über den dritten Index das Vorzeichen — setzen und erhielte dann $(23\bar{6})$.

Einer Fläche der Grundform kommt offenbar das Zeichen (111) zu. Geht eine Fläche einer oder zwei Achsen parallel, so daß der betreffende Koeffizient ∞ wird, so erscheint in dem Millerschen Symbol an der betreffenden Stelle der Index 0 $\left(= \frac{1}{\infty}\right)$. Eine Fläche des Rhombendodekaeders erhält z. B. das Zeichen (110), eine solche des Würfels (100).

Will man alle entsprechend gelegenen Flächen, welche zu einer und derselben Kristallform gehören, zusammenfassen, so schreibt man die Indices einer dieser Flächen in einer gebrochenen Klammer, also im allgemeinen {h k l}. Während also z. B. die acht Flächen des Oktaeders der Reihe nach die Symbole erhalten (111) $(1\bar{1}1)$ $(\bar{1}\bar{1}1)$ $(\bar{1}11)$ $(11\bar{1})$ $(1\bar{1}\bar{1})$ $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ $(\bar{1}1\bar{1})$, schreibt man sie in ihrer Gesamtheit als vollständige Kristallform {111}.

Wie man das Naumannsche Symbol einer Kristallform in das Millersche überführt, sei an ein paar Beispielen gezeigt. Sei die betreffende Form etwa das Hexakisoktaeder 4O2, so leitet man hieraus zunächst das Verhältnis der Koeffizienten ab = 4 : 1 : 2, oder, da im regulären System

die Achsen alle gleichwertig sind, nach steigender Größe geordnet 1 : 2 : 4. Hieraus erhält man das Verhältnis der Indices $= \frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ oder (nach Multiplikation mit 4) 4 : 2 : 1 und das Millersche Symbol {421}. Hätte man die rhombische Brachypyramide $\frac{3}{2}\breve{P}3$, so wäre das Verhältnis der Koeffizienten $3 : 1 : \frac{3}{2}$ und das der Indices $\frac{1}{3} : \frac{1}{1} : \frac{1}{\frac{3}{2}}$ oder 1 : 3 : 2, demnach das Millersche Zeichen {132}.

Sind bei einer Form zwei auf gleichwertige Achsen bezügliche Indices einander gleich, so drückt man im allgemeinen Symbol beide durch den nämlichen Buchstaben aus. So ist z. B. das allgemeine Symbol für die Ikositetraeder mOm = {h l l}, für die Triakisoktaeder mO = {h h l}, wobei stets h > l ist.

In den Millerschen Symbolen des hexagonalen Systems werden vier Indices angeführt, welche man im allgemeinen mit h, i, k, l bezeichnet. Die drei ersten beziehen sich der Reihe nach auf die drei Nebenachsen bzw. deren Halbachsen. Dabei bezeichnet man die abwechselnden Halbachsen, welche 120° miteinander einschließen — begonnen mit der bei der üblichen Aufstellung vorn links gelegenen —, als positive (a_1, a_2, a_3), die dazwischenliegenden, welche die Verlängerung der ersteren bilden, als negative ($-a_1$, $-a_2$, $-a_3$), desgleichen die darauf bezüglichen Indices. Der vierte Index l bezieht sich auf die Hauptachse (oben +, unten —). Bei dieser Schreibweise ist unter Berücksichtigung des Vorzeichens der Indices immer h + i + k = 0.

Bei den Protopyramiden sind stets zwei auf die Nebenachsen bezügliche Indices gleich, jedoch mit entgegengesetztem Vorzeichen, der dritte = 0. Demnach lautet ihr allgemeines Symbol $\{h\,0\,\bar{h}\,l\}$, und es ist z. B. $P = \{10\bar{1}1\}$, $3P = \{30\bar{3}1\}$. Bei den Deuteropyramiden sind zwei von den drei ersten Indices gleich, der dritte doppelt so groß, indes mit umgekehrtem Vorzeichen. Ihr allgemeines Symbol ist $\{h\,h\,(\overline{2h})\,l\}$; z. B. $P2 = \{11\bar{2}2\}$, $3P2 = \{33\bar{6}2\}$. Die zwölfseitigen Pyramiden werden zu $\{h\,i\,\bar{k}\,l\}$; z. B. $3P\frac{3}{2} = \{3\bar{1}\bar{2}1\}$. Die zwölfseitigen Prismen sind allgemein $\{h\,i\,\bar{k}\,0\}$, das Deuteroprisma ist $\{11\bar{2}0\}$, das Protoprisma $\{10\bar{1}0\}$, die Basis {0001}.

Für die Formen der rhomboedrischen Hemiedrie erhält man z. B. folgende Symbole: $+R = \{10\bar{1}1\}$, $-R = \{01\bar{1}1\}$, $+\frac{1}{2}R = \{10\bar{1}2\}$. Um das Naumannsche Symbol mRn eines Skalenoeders in das Millersche der entsprechenden holoedrischen zwölfseitigen Pyramide überzuführen, bedient man sich der allgemeinen Formel:

$$\left\{2n \cdot -(n-1) \cdot -(n+1) \cdot \frac{2}{m}\right\}.$$

So erhält man z. B. für R3 der Reihe nach folgende Indices: $2 \cdot 3 = 6$, $-(3-1) = -2$, $-(3+1) = -4$, $\frac{2}{1} = 2$, also das Symbol $\{6\bar{2}\bar{4}2\}$,

oder nach Division sämtlicher Indices durch 2, $\{31\overline{21}\}$. Hieraus ergibt sich für $+ R3$ das Zeichen $\{3\bar{1}21\}$, für $- R3$ das Symbol $\{12\bar{3}1\}$.

Das Vorhandensein einer Hemiedrie deutet man wohl durch einen, dem betreffenden Millerschen Symbol vorgesetzten griechischen Buchstaben an. Will man z. B. ausdrücken, daß eine Form der (geneigtflächigen) tetraedrischen Hemiedrie unterliege, so setzt man vor ihr Symbol ein $\varkappa$ (von *κλίνω*, neige); so in $\varkappa\{111\} = +\frac{O}{2}$, $\varkappa\{1\bar{1}1\} = -\frac{O}{2}$. Den (parallelflächigen) pyritoedrisch-hemiedrischen Formen setzt man den Buchstaben π (als Abkürzung von *παράλληλος*), den regulär-tetartoedrischen, weil sie gleichzeitig den Gesetzen beider Hemiedrien unterliegen, die beiden Buchstaben $\varkappa\pi$ vor. Das Vorhandensein der rhomboedrischen Hemiedrie kann man ebenfalls durch ein dem Symbol der entsprechenden holoedrischen Form vorgesetztes π (besser wohl ein ρ) ausdrücken.

b. Unvollkommene Ausbildung der Kristalle.

Die Flächen der Kristalle erscheinen fast niemals, wie es ihrer vollkommensten Ausbildung entsprechen würde, ganz eben und glatt, sondern meist mehr oder weniger uneben, auch wohl gekrümmt. Nach der Art der Unebenheit bezeichnet man die Flächen als gestreift, drusig, rauh, gebrochen, getäfelt, zerfressen.

Besonders wichtig ist die Streifung der Flächen, welche dadurch entsteht, daß zwei verschiedene Formen in schmalen Flächenstreifen abwechseln. So sind z. B. die Prismenflächen ∞R des Quarzes meist parallel der Kombinationskante $\infty R : R$ gestreift, die Würfel des Schwefelkieses parallel den Kanten $\infty O \infty : \frac{\infty O 2}{2}$. Manchmal erscheint auch eine Kristallfläche nach mehreren Richtungen (federförmig, kreuzförmig) gestreift.

Gekrümmte Flächen zeigen z. B. die Rhomboeder des Eisenspats, die linsenförmigen Gipskristalle sowie die Kristalle des Diamants.

Sämtliche Flächen, welche zu einer und derselben Form gehören, besitzen gleiche Beschaffenheit.

Bei der Betrachtung der Kristalle findet man ferner fast stets, daß die einzelnen Flächen einer Form nicht gleichmäßig, sondern daß einige stärker als andere ausgedehnt sind. Man nennt solche Kristalle verzerrt, und es ist oft schwer, derartige Formen zu erkennen. Doch bleibt dabei die kristallographische Lage der Flächen, also auch die von ihnen gebildeten Winkel, unverändert, was immer die richtige Deutung ermöglicht. Die Verzerrungen, welche ein Kristall zeigt, lassen sich so von der idealen Form ableiten, daß man an dieser gewisse Flächen parallel mit sich selbst dem Mittelpunkt des Kristalls genähert oder von ihm entfernt denkt; man sagt dann, der Kristall sei in den entsprechenden Richtungen verkürzt oder verlängert.

So kommt der Würfel vor, verkürzt in der Richtung einer Achse als anscheinend quadratische Tafel, verlängert in der Richtung einer Achse als anscheinend quadratisches Prisma. Das Oktaeder ist häufig verlängert in der Richtung zweier paralleler Kanten (Fig. 113a), wodurch zwei Ecken in zwei Kanten verwandelt werden, oder verkürzt in der Richtung senkrecht zu zwei parallelen Flächen (Fig. 113b), wodurch es eine tafelförmige Gestalt erhält. Ähnliche Verzerrungen treten an allen andern Formen auf, mit alleiniger Ausnahme des Tetraeders und der Sphenoide, welche keiner Verzerrung fähig sind. Die Figuren 114a und b stellen ein paar häufige

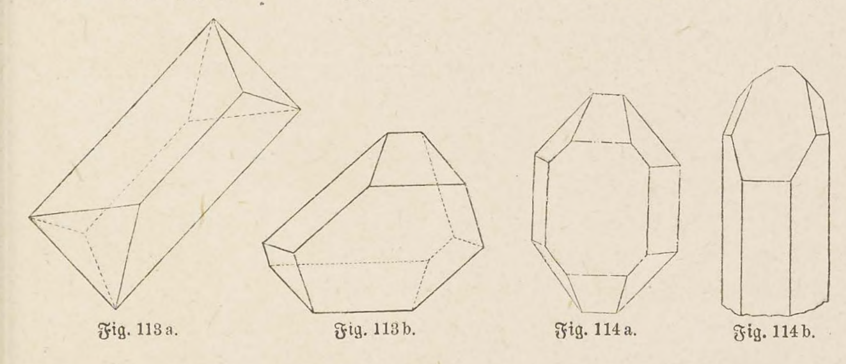


Fig. 113a. Fig. 113b. Fig. 114a. Fig. 114b.

Verzerrungen der beim Quarz gewöhnlichen Kombination des Protoprismas mit $\pm$R dar (vgl. Quarz).

Sehr oft fehlen auch einzelne zu einer Form gehörige Flächen gänzlich. Man muß sich jedoch hüten, eine derartige zufällige Unregelmäßigkeit mit Hemiedrie oder Hemimorphie zu verwechseln.

Häufig sind ferner insbesondere die nichtregulären Kristalle in der Richtung einer Achse übermäßig stark ausgedehnt oder verkürzt, wodurch nadel- und haarförmige, sowie dünntafelige Gebilde entstehen.

Sollen die Kristalle eine ringsum vollständige Ausbildung erlangen, so müssen sie sich nach jeder Richtung ungehindert entwickeln können. Die meisten ringsum ausgebildeten Kristalle entstanden innerhalb einer nachgiebigen Masse, aus welcher sie später herausgelöst wurden, wie z. B. die Leucitkristalle aus den Laven des Vesuv. Viele eingewachsene Kristalle wurden jedoch durch das sie umgebende Gestein bzw. durch andere Kristalle in ihrer freien Ausbildung mehr oder weniger gehemmt und konnten so zu keiner vollkommenen Ausprägung ihrer Form gelangen.

Die auf der Oberfläche irgendeiner gleichen oder fremdartigen Masse aufgewachsenen einzelnen Kristalle zeigen nur eine teilweise Formausbildung, gewöhnlich nicht viel mehr als die eine Hälfte ihrer Form, jedoch häufig von verhältnismäßig großer Vollkommenheit. Unvollkommener

4*

werden die aufgewachsenen Kristalle, wenn sie nicht einzeln, sondern zu vielen dicht gedrängt der Unterlage aufsitzen, wobei oft nur ihre freien Enden deutliche Kristallflächen aufweisen.

Die Größe der Kristalle kann bei einem und demselben Mineral ungemein verschieden sein. Eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Größe der Kristalle und der Vollkommenheit ihrer Ausbildung gibt es nicht, indes läßt sich erwarten, daß ein Kristall um so mehr störenden Einflüssen bei seinem Wachstum ausgesetzt sein wird, je mehr er eine gewisse Größe überschreitet. Deshalb sind oft gerade die kleineren Kristalle eines Minerals am schönsten ausgebildet.

c. Zwillingskristalle.

Zwei (oder mehrere) miteinander verwachsene Kristalle desselben Minerals können entweder vollkommen unregelmäßig verbunden sein, oder die einzelnen Individuen können sich in paralleler Stellung befinden, oder sie können endlich hinsichtlich ihrer gegenseitigen Lage einem andern bestimmten Gesetze folgen. Im letzteren Falle bilden sie einen Zwillingskristall oder Zwilling.

Die meisten Zwillinge folgen dem Gesetze, daß die beiden verbundenen Kristalle in bezug auf eine (bei beiden parallel gerichtete) Kristallfläche symmetrisch liegen, und zwar ist diese Fläche niemals schon eine Symmetrie-Ebene der einzelnen Kristalle — mit andern Worten: der eine Kristall ist gleichsam das Spiegelbild des andern, wobei der Spiegel einer Kristallfläche parallel liegt. Fig. 115 macht dies für einen speziellen Fall klar. Sie stellt zwei Oktaeder dar, welche so gerichtet sind, daß eine zur Ebene der Figur senkrechte Fläche (bzw. ein Flächenpaar) des einen Oktaeders einer solchen des andern parallel geht. Auch die gedachte Spiegelfläche MN liegt diesen Oktaederflächen parallel, und der eine Kristall stellt das Spiegelbild des andern dar. Beide liegen also zueinander symmetrisch und würden in dieser Stellung verwachsen einen Zwilling bilden. Man nennt die Fläche, nach welcher beide Kristalle symmetrisch liegen, Zwillingsebene und eine dazu senkrechte Linie Zwillingsachse.

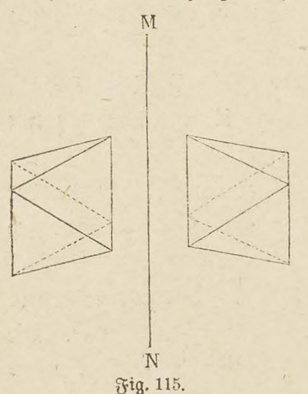


Fig. 115.

Die nämliche gegenseitige Stellung beider Individuen (bzw. Zwillingshälften) erhält man auch, wenn man sich ein Oktaeder parallel mit einer seiner Flächen durchgeschnitten und die eine Hälfte um 180° gegen die

andere gedreht denkt. Die Zwillingsachse ist dann zugleich Drehungsachse. Auf diese Weise läßt sich die Zwillingsverwachsung am Modell darstellen.

Man versteht leicht, warum die Zwillingsebene keine Symmetrie-Ebene des einzelnen Kristalls sein kann; es würden dann nämlich die beiden Individuen sich in vollkommen paralleler Stellung befinden, also gar keinen Zwilling bilden können.

Die beiden Kristalle können ziemlich gleich groß oder auch von ganz verschiedener Größe sein, sie können ferner fast vollständig oder, wie es in der Regel der Fall ist, etwa nur zur Hälfte oder auch zu noch kleinerem Teile ausgebildet sein.

Die Grenze der beiden Individuen wird häufig von der Zwillingsebene gebildet. Man sagt dann, die Zwillingsebene sei zugleich Zusammensetzungsfläche. Zuweilen berühren sich aber auch beide Individuen in einer zur Zwillingsebene senkrechten Fläche, oder sie berühren sich in einer

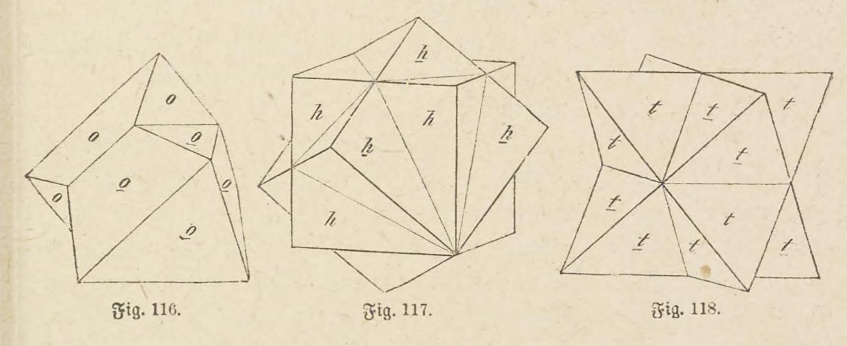


Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118.

andern Ebene, oder endlich in keiner ebenen, sondern in einer völlig unebenen Fläche.

Es kommt überhaupt bei der Zwillingsbildung wesentlich nur auf die gegenseitige Stellung der beiden Kristalle an.

Man unterscheidet sog. Berührungs- und Durchwachsungszwillinge. Bei den ersteren ist die Zusammensetzungsfläche meist eine Ebene, und zwar häufig die Zwillingsebene; die beiden Individuen erscheinen meist in der dazu senkrechten Richtung verkürzt (Fig. 116). Bei den Durchwachsungszwillingen durchkreuzen oder durchdringen sich gleichsam die beiden miteinander verbundenen Kristalle (Fig. 117).

Eine besondere Klasse der letzteren Art bilden die sog. Ergänzungszwillinge, welche aus zwei hemiedrischen Kristallen in der Weise zusammengesetzt sind, daß die Achsen derselben zwar parallel laufen, indes die ungleichen Oktanten oder Dodekanten beider Individuen zusammenfallen, wodurch sich bei vollkommener Durchwachsung die beiden hemiedrischen Hälften gleichsam wieder zu einem holoedrischen Kristall ergänzen (Fig. 119).

Ist die Zusammensetzungsfläche in einem Zwillingskristall eine ebene, so verlaufen an der Grenze beider Individuen häufig ein- und ausspringende Kanten, und man erkennt die Grenze an den einspringenden Winkeln. Fallen aber an der äußeren Grenze die Flächen beider Individuen in ein Niveau, so bemerkt man oft die gerad- oder krummlinig verlaufende Grenze als eine feine Linie, was besonders dann der Fall ist, wenn daselbst zwei auf beiden Individuen verschieden gerichtete Streifensysteme zusammenstoßen (Zwillingsnaht).

Häufig findet eine fortgesetzte Zwillingsbildung statt, indem sich drei oder mehr Individuen nach demselben Gesetze miteinander verbinden. Liegen dabei sämtliche Zwillingsebenen parallel, so spricht man von wiederholter Zwillingsbildung; ist dies nicht der Fall, so bezeichnet man die Zwillingsbildung als eine mehrfache und nennt die betreffenden Komplexe Drillinge, Vierlinge usw.

Im folgenden sollen einige besonders wichtige Beispiele von Zwillingsbildung in den verschiedenen Systemen kurz besprochen werden.

1. Reguläres System.

Meist herrscht das Gesetz: Zwillingsebene eine Oktaederfläche. Sind die beiden Kristalle selbst als Oktaeder ausgebildet, ungefähr gleich groß und mit der Zwillingsebene selbst verwachsen, so haben sie, da sie gewöhnlich nach der Zwillingsachse verkürzt erscheinen, das Ansehen der Fig. 116; die Zwillingskanten bilden ein regelmäßiges Sechseck und sind abwechselnd ein- und ausspringend (Spinell, Magneteisenerz). Sind die nach dem genannten Gesetze verwachsenen Kristalle als Würfel ausgebildet, so erscheinen sie gewöhnlich ganz durcheinandergewachsen, wie es Fig. 117 darstellt. Manchmal ragen auch nur einzelne Ecken des einen Würfels über die Flächen des andern wenig hervor (Flußspat).

Zwei gleiche Tetraeder bilden zuweilen (namentlich beim Diamant) einen Durchwachsungszwilling nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Würfelfläche (Fig. 118). Tritt zu jedem Tetraeder das fast ebensostark ausgedehnte Gegentetraeder, wie es Fig. 119 zeigt, so erscheint der Zwilling wie ein einfaches Oktaeder mit eingekerbten Kanten und liefert so ein besonders deutliches Beispiel eines Ergänzungszwillings. Auch zwei Pentagondodekaeder verwachsen häufig (namentlich beim Pyrit) zu einem Ergänzungszwilling, wobei sie nach einer Dodekaederfläche zueinander symmetrisch sind (Fig. 120, Zwillinge des eisernen Kreuzes).

2. Quadratisches System.

Sehr häufig findet sich das Gesetz: Zwillingsebene eine Fläche der Deuteropyramide $P\infty$, verwirklicht, so beim Zinnstein und Rutil. Fig. 121 stellt einen solchen Zwilling dar. Daran ist $p = \infty P$, $p' = \infty P\infty$,

$o = P$, $o' = P\infty$. Oft beobachtet man mehrfache Zwillingsbildung nach dem genannten Gesetze, wodurch manchmal sehr komplizierte Verwachsungen entstehen.

Diejenigen Kristalle des quadratischen Systems, welche der pyramidalen Hemiedrie unterliegen, bilden häufig Ergänzungszwillinge, wobei die einzelnen Individuen nach einer Fläche des Deuteroprismas $\infty P\infty$ (welche bei den erwähnten Kristallen keine Symmetrie-Ebene mehr ist) zueinander symmetrisch gestellt sind (Scheelit).

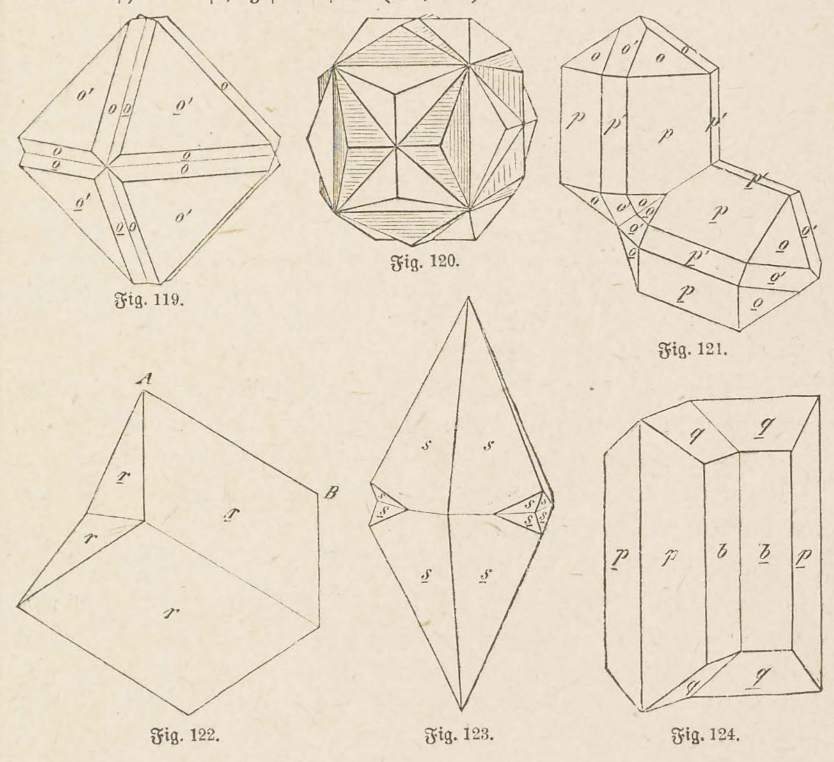


Fig. 119. Fig. 120. Fig. 121.

Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124.

3. Hexagonales System.

Eine am Kalkspat sehr oft zu beobachtende Zwillingsbildung ist die nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche von $-\frac{1}{2}R$, d. i. von demjenigen Rhomboeder, welches die Polkanten des Grundrhomboeders gerade abstumpft. Fig. 122 stellt zwei Spaltungsrhomboeder, jedes nur zur Hälfte ausgebildet und mit der Zwillingsebene, der Abstumpfung der Polkante AB, aneinandergewachsen, dar. Diese Zwillingsbildung tritt meist wiederholt auf, wobei sich die abwechselnden, miteinander verbundenen Individuen in paralleler Stellung befinden. In der Regel zeigen solche Zwillinge im allgemeinen noch die Form des Grundrhomboeders,

in welches die in Zwillingsstellung befindlichen Kristallteile als äußerst dünne Platten (Lamellen) eingewachsen erscheinen. Diese Lamellen erzeugen auf zwei gegenüberliegenden Flächen des Grundrhomboeders eine eigentümliche Streifung parallel der längeren Rhombendiagonale (Zwillingsstreifung). Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß man derartige Lamellen in einem Kalkspatspaltungsrhomboeder durch Druck künstlich hervorrufen, ja sogar ein solches Rhomboeder in einen Fig. 122 gleichenden, modellähnlichen Zwilling verwandeln kann.

Zu letzterem Zwecke legt man ein Spaltungsstück von Kalkspat (Doppelspat) in Form eines Prismas, dessen Länge etwa 10 mm und dessen Breite zwischen den beiden scharfen Prismen- bzw. Rhomboederkanten etwa 6—8 mm beträgt, mit einer der beiden längeren stumpfen Kanten horizontal auf einen Tisch, indem man auf die gegenüberliegende, nach oben gekehrte Kante senkrecht dazu die Schneide eines gewöhnlichen Taschenmessers setzt, und drückt die Klinge allmählich in den Kristall hinein. Dann verschiebt sich in dem Maße, als das Messer eindringt, derjenige Teil des Kristalls, welcher zwischen jenem und der nach oben gekehrten Polecke des Rhomboeders liegt. Derselbe befindet sich nun zur übrigen Kristallmasse in Zwillingsstellung, und zwar nach derjenigen Fläche von $-\frac{1}{2}R$, welche der Horizontalebene parallel geht; die erwähnte Polecke ist dabei zu einer Randecke geworden. Die vom Messer getroffene Stelle kann man durch Abspalten leicht entfernen.

Gleichfalls am Kalkspat findet häufig Zwillingsbildung statt nach einem andern Gesetze: Zwillingsebene die Basis. Fig. 123 stellt einen Zwilling dieser Art dar, welcher von zwei mit der Basis verwachsenen Skalenoedern $+R3$ gebildet wird. Das untere Individuum ist gegen das obere gleichsam um 60^0 um die Hauptachse gedreht.

4. Rhombisches System.

Die in diesem System bei weitem am häufigsten vorkommende Zwillingsbildung gehorcht dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche des Protoprismas ∞P. Ein schönes Beispiel liefert der Aragonit. Fig. 124 stellt die Kombination $p = \infty P$, $b = \infty \breve{P} \infty$, $q = \breve{P} \infty$ dar, die Zwillingsebene ist zugleich Zusammensetzungsfläche. Häufig ist an den zweiten Kristall noch ein dritter nach demselben Gesetz angewachsen. Dabei findet entweder nur wiederholte Zwillingsbildung statt, wobei der mittlere Kristall oft nur als eine dünne Lamelle erscheint, oder die beiden Zwillingsebenen gehen nicht parallel und es entsteht ein wirklicher Drilling (Fig. 125).

5. Monoklines System.

Sehr oft verwachsen zwei monokline Kristalle nach dem Gesetze: Zwillingsebene das Orthopinakoid. Als Beispiel diene ein Gipszwilling (Fig. 126). Daran ist $o = -P$, $p = \infty P$ und $b = \infty \mathrm{P\!\!\!\!\!\!\;\;} \infty$. Auch hier ist die Zwillingsebene zugleich Zusammensetzungsfläche.

Nach demselben Gesetze sind die sog. Karlsbader Zwillinge des Orthoklases gebildet; jedoch ist dabei nicht das Ortho-, sondern das Klinopinakoid Zusammensetzungsfläche (vgl. Orthoklas).

6. Triklines System.

Da in diesem System keine Symmetrie-Ebene vorhanden ist, so kann in demselben nach jeder beliebigen Kristallfläche Zwillingsbildung stattfinden. Fig. 127 zeigt einen Zwilling von Albit mit den Flächen $c = 0P$, $b = \infty \breve{P} \infty$, $p' = \infty P'$ (in der Figur auf der Rückseite), $p = \infty{'}P$ und $r = {,}P{,}\infty$. Zwillingsebene und zugleich Zusammensetzungsfläche ist das Brachypinakoid b. Da der Winkel c : b ungefähr 86° beträgt, so bilden die Flächen $c\,\underline{c}$ oben einen ein-, unten einen ausspringenden Winkel von 172°. Gewöhnlich kommt an solchen Kristallen wiederholte

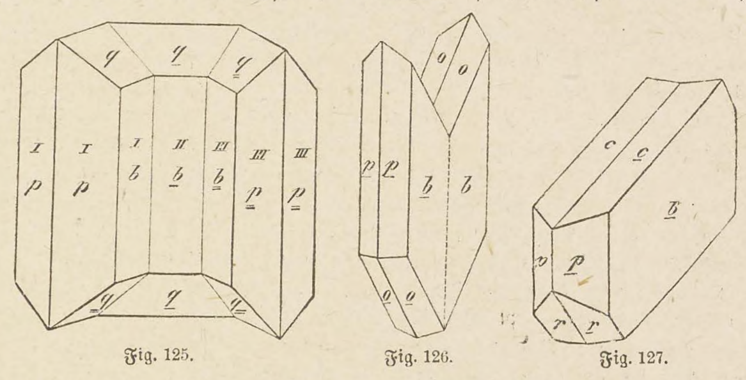


Fig. 125. Fig. 126. Fig. 127.

Zwillingsbildung mit eingeschalteten Lamellen vor, deren Gegenwart sich durch die auf c zu beobachtende Zwillingsstreifung parallel der Kante c : b verrät.

Mimesie. Eine interessante Rolle spielt die mehrfache und wiederholte Zwillingsbildung bei den sog. mimetischen (d. i. nachahmenden) Kristallen. Man versteht darunter solche Kristalle, welche in ihrer Form und ihren Winkeln sich sehr einer höhersymmetrischen Klasse, als die ist, der sie in Wirklichkeit angehören, nähern, dabei aber zugleich einen komplizierten Zwillingsbau aufweisen, wodurch jene äußere Annäherung an die höhere Symmetrie meist noch verstärkt wird. Manchmal sind solche Kristalle ganz oder vorwiegend aus dünnen, verschieden gerichteten Zwillingslamellen aufgebaut. Diese Erscheinung bezeichnet man als Mimesie. Manche mimetischen Kristalle besitzen nun die weitere interessante Eigenschaft, daß sie beim Erhitzen auf eine bestimmte Temperatur, wie sich namentlich aus der gleichzeitigen optischen Beobachtung (s. optische Eigenschaften) ergibt, einheitlich werden und wirklich in die vorher gleichsam erstrebte höhersymmetrische Klasse übergehen, bei der Abkühlung aber wieder in den früheren Zustand zurückkehren. Es existieren also zwei, durch die Übergangstemperatur getrennte Modifikationen der betreffenden Substanz (vgl. Dimorphie). Besonders deutliche Beispiele von Mimesie liefern Boracit und Leucit (s. diese Mineralien im speziellen Teil).

Ableitung der verschiedenen Kristallklassen auf Grund der sog. Symmetrie-Elemente.

1. Grundgesetz der Kristallographie. Schon S. 5 wurde bemerkt, daß die Lage einer Kristallfläche durch deren Zugehörigkeit zu zwei Zonen des Kristalls vollkommen bestimmt sei. Anderseits bestimmen schon zwei Flächen insofern eine Zone, als sie sich direkt oder bei hinreichender Verlängerung in einer Kante, entsprechend einer Zonenachse, schneiden. Nun stehen aber alle Flächen, welche an den Kristallen einer Substanz auftreten oder nach dem Gesetze der einfachen rationalen Achsenschnitte daran auftreten können, unter sich in der Beziehung, daß eine jede derselben mindestens zwei vorhandenen oder möglichen Zonen angehört. Deshalb kann man auch, ausgehend von vier Flächen eines Kristalls, welche ein im allgemeinen unregelmäßiges Tetraeder bilden und die kleinste mögliche Zahl von Flächen bei einem Polyeder darstellen, die sämtlichen übrigen Flächen, welche an jenem Kristall auftreten oder auftreten können, ableiten. Wählt man z. B. die drei Achsenebenen, welche eine Ecke bilden, und dazu eine Fläche der Grundform, welche jene Ecke zum Tetraeder abschließt, als Ausgangsflächen, so kann man parallel zu je zwei nicht anstoßenden Kanten dieses Tetraeders noch eine, im ganzen also drei weitere Flächen legen, von denen jede durch ihre Zugehörigkeit zu zwei ursprünglichen Zonen des Tetraeders ihrer Lage nach vollständig bestimmt ist. Diese drei neuen Flächen schneiden sich aber ihrerseits wieder in drei Kanten, durch welche drei neue Zonen am Kristall bestimmt sind. In einer dieser neuen Zonen und einer der ersten sechs des ursprünglichen Tetraeders liegt wieder je eine weitere mögliche Fläche usw. Auf diese Weise kann man, von vier Grundflächen eines Kristalls ausgehend, nicht nur die übrigen, wirklich vorhandenen, sondern auch alle an demselben überhaupt möglichen Flächen ableiten. Alle stehen untereinander im Zonenverbande. Aus diesem Gesetze, dem sog. Zonengesetz, läßt sich auf mathematischem Wege auch das Gesetz der rationalen Achsenschnitte ableiten und umgekehrt. Beide Gesetze können deshalb als das Grundgesetz der Kristallographie bezeichnet werden.

2. Symmetrie-Elemente. Die einzelnen Klassen der sechs Kristallsysteme lassen sich auch in der Weise ableiten, daß man die verschiedenen Arten und Grade der Symmetrie ermittelt, welche an Kristallen, entsprechend dem Grundgesetze der Kristallographie, möglich sind. Dabei betrachtet man jedesmal die allgemeinste (flächenreichste) Form und drückt deren Symmetrieverhältnisse durch die sog. Symmetrie-Elemente aus; dies sind außer der uns schon bekannten Symmetrie-Ebene das Symmetriezentrum, die Deckachsen und die Spiegelachsen. Die Symmetrie-Elemente geben an, in welcher Weise sich die Flächen einer Form allgemeinster Art wiederholen. Ein Symmetriezentrum kommt einer solchen Form (und damit auch den andern Formen der betreffenden Klasse) zu, wenn zu jeder Fläche derselben eine parallele Gegenfläche vorhanden ist. So besitzt z. B. ein Hexakisoktaeder ein solches Zentrum, während dies einem Hexakistetraeder fehlt. Eine Deckachse ist eine Linie, um welche man die betreffende Form jedesmal um einen aliquoten Teil des Kreises so drehen kann, daß sie mit ihrer ursprünglichen Lage zur Deckung kommt. Man bezeichnet die Deckachsen auch als Symmetrie-Achsen, obgleich die zu einer solchen senkrechte Ebene keine Symmetrie-Ebene zu sein braucht (vgl. S. 5). Aus dem Grundgesetze der Kristallographie läßt sich nun mathematisch ableiten, daß es nur zwei-, drei-,

vier- und sechszählige Deckachsen (das sind solche mit zwei-, drei-, vier- und sechsmaliger Drehung bzw. mit Drehungswinkeln von 180°, 120°, 90° und 60°) geben kann. Außer den Deckachsen unterscheidet man noch vier- und sechszählige Spiegelachsen, das sind Linien, bei welchen eine vollständige Deckung zwar erst nach einer um dieselben stattgefundenen Drehung um 180° bzw. 120° eintritt, hingegen eine Deckung mit einem Spiegelbilde der Form, erzeugt in einer zur Achse senkrechten Spiegelfläche, schon nach einer Drehung um 90° bzw. 60° erfolgt. Im letzteren Falle vertritt demnach das Spiegelbild die Stelle der wirklichen Form bzw. des Kristalls. Bei einer vierzähligen Spiegelachse findet also Deckung statt nach einer Drehung um 90°, verbunden mit Spiegelung, ferner nach der bloßen Drehung um 180°, dann nach einer Drehung um 270°, verbunden mit Spiegelung, und endlich wieder nach der Drehung um 360° (leicht zu ersehen am Tetraeder bei der Drehung um eine kristallographische Achse). Sowohl die Deckachsen als auch die Spiegelachsen fallen nach ihrer Richtung mit gewissen Kanten zusammen. Als Beispiel für das Vorhandensein solcher Achsen wählen wir die holoedrische Klasse des regulären Systems. Die allgemeinste Form derselben, das Hexakisoktaeder, und damit auch jede andere Form der genannten Klasse besitzt 1) drei vierzählige Deckachsen, welche mit den kristallographischen Achsen zusammenfallen, also zu den Würfelflächen senkrecht stehen; 2) sechs zweizählige Deckachsen, senkrecht zu den Flächen des Rhombendodekaeders; 3) vier sechszählige Spiegelachsen, senkrecht zu den Flächen des Oktaeders.

3. Ableitung der Kristallklassen. Die genannten Symmetrie-Elemente treten nun für sich allein oder mannigfaltig verbunden an dem Bau der Kristalle bzw. deren Formen gleichsam tätig auf und bedingen so den Grad der betreffenden Symmetrie. Sieht man von dem Falle vollkommener Unsymmetrie — d. i. der hemiedrischen Klasse des triklinen Systems — ab, in welchem die aus nur einer Fläche bestehenden Formen nur durch das Zonengesetz oder das Gesetz der rationalen Achsenschnitte charakterisiert sind (vgl. S. 47), so gibt es im ganzen 31 mögliche Fälle von Symmetrie oder Kristallklassen (mit der schon genannten also 32 Klassen). Doch ist von zweien bis jetzt weder unter den Mineralien noch unter den künstlich dargestellten kristallisierten Stoffen ein Beispiel bekannt. Die für uns wichtigen Klassen, im ganzen 26, haben wir schon näher besprochen oder doch kurz erwähnt. Will man die verschiedenen möglichen Klassen bzw. die denselben zugrunde liegenden Symmetrieverhältnisse aufsuchen, so geht man zweckmäßig von dem geringsten Grade der Symmetrie aus und schreitet, immer weitere Symmetrie-Elemente hinzufügend, zu den Klassen höherer und höchster Symmetrie fort. So hat man in der holoedrischen Klasse des triklinen Systems nur ein Symmetriezentrum, in der hemiedrischen bzw. hemimorphen Klasse des monoklinen Systems nur eine Symmetrie-Ebene bzw. eine zweizählige Deckachse, in der holoedrischen Klasse desselben Systems schon eine Symmetrie-Ebene nebst einer dazu senkrechten zweizähligen Deckachse, womit notwendig ein Symmetriezentrum verbunden ist usw. Den höchsten möglichen Grad der Symmetrie für eine Kristallform stellt die holoedrische Klasse des regulären Systems dar; man hat in derselben (außer dem Symmetriezentrum) neun Symmetrie-Ebenen, drei vierzählige und sechs zweizählige Deckachsen, sowie vier sechszählige Spiegelachsen (s. oben). Eine weitere Erhöhung der Zahl der hier vorhandenen Symmetrie-Elemente würde zu einer Anordnung der Flächen führen, welche im Widerspruche mit dem Gesetze der rationalen Achsenschnitte stände.

4. Bezeichnung der Kristallklassen. Entsprechend der Tatsache, daß die Formen allgemeinster Art am deutlichsten die Symmetrieverhältnisse der einzelnen Klassen zum Ausdruck bringen, hat man die letzteren in neuerer Zeit auch nach diesen Formen benannt. So bezeichnet man die triklin-hemiedrische Klasse als die pediale, indem man eine einzelne Fläche ein Pedion (πεδίον, Ebene) nennt, die triklin-holoedrische als die pinakoidale, wobei jedes Paar paralleler Flächen ein Pinakoid genannt wird. Die monoklin-hemiedrische und die hemimorphe Klasse nennt man die domatische und sphenoidische, indem ein geneigtes, in der Symmetrie-Ebene zusammenstoßendes Flächenpaar als Doma, ein an einem Ende der Orthodiagonale gelegenes als Sphenoid bezeichnet wird. Die monoklin-holoedrische Klasse, deren vierflächige Formen sämtlich als Prismen betrachtet werden können, heißt die prismatische. Die hemimorphe Klasse des rhombischen Systems wird die pyramidale genannt, indem unter einer Pyramide nur die vier oberen oder unteren, infolge der Hemimorphie eine selbständige Form bildenden Flächen einer von uns als Pyramide bezeichneten Form verstanden werden, während man die geschlossene achtflächige Gestalt als Bipyramide bezeichnet (ähnlich im quadratischen und hexagonalen System). Die hemiedrische Klasse des genannten Systems heißt die bisphenoidische, die holoedrische die bipyramidale. Nach dem Gesagten sind die folgenden Bezeichnungen für die übrigen, früher besprochenen Klassen unschwer zu deuten.

Quadratisches System.

Pyramidale Hemiedrie mit Hemimorphie .	Tetragonal-pyramidale Klasse.
Pyramidale Hemiedrie	Tetragonal-bipyramidale Kl.
Sphenoidische Hemiedrie	Tetragonal-skalenoedrische Kl.
Holoedrie	Ditetragonal-bipyramidale Kl.

Hexagonales System.

Rhomboedrische Hemiedrie mit Hemimorphie .	Ditrigonal-pyramidale Kl.
Pyramidale Hemiedrie mit Hemimorphie .	Hexagonal-pyramidale Kl.
Rhomboedrische Tetartoedrie	Rhomboedrische Kl.
Trapezoedrische Tetartoedrie	Trigonal-trapezoedrische Kl.
Trapezoedrische Hemiedrie	Hexagonal-trapezoedrische Kl.
Pyramidale Hemiedrie	Hexagonal-bipyramidale Kl.
Rhomboedrische Hemiedrie	Ditrigonal-skalenoedrische Kl.
Trigonale Hemiedrie	Ditrigonal-bipyramidale Kl.
Holoedrie	Dihexagonal-bipyramidale Kl.

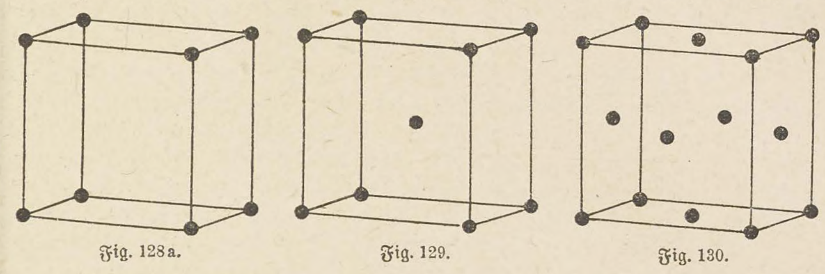
Reguläres System.

Tetartoedrie	Tetraedrisch-pentagondodekaedrische Kl.
Gyroedrische Hemiedrie	Pentagonikositetraedrische Kl.
Pyritoedrische Hemiedrie	Dyakisdodekaedrische Kl.
Tetraedrische Hemiedrie	Hexakistetraedrische Kl.
Holoedrie	Hexakisoktaedrische Kl.

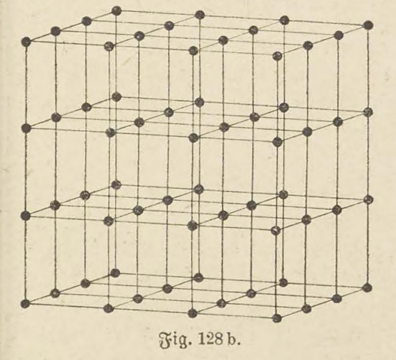
Raumgitter und atomistischer Bau der Kristalle.

Denkt man sich drei Scharen paralleler und gleich weit voneinander abstehender Ebenen, welche Scharen verschieden gerichtet sind und einander in Punkten durch-

schneiden, so bilden ihre Durchschnittspunkte ein sog. Raumgitter, d. i. gleichsam ein räumliches Netz mit parallelepipedischen Maschen. Die an vielen Kristallen zu beobachtende Spaltbarkeit, wie auch das Gesetz der rationalen Achsenschnitte, führte nun schon lange zu der Vorstellung, die Kristalle seien aus getrennten, aber in äußerst kleinen Abständen befindlichen und parallel gestellten Teilchen (Molekülen) aufgebaut, die nach Art eines Raumgitters angeordnet sind. Die verschiedenen, an einem Kristall auftretenden (oder möglichen) Flächen entsprechen dabei sog. Netzebenen, d. h. sie gehen immer durch solche Punkte des Raumgitters, welche, in einer Ebene liegend, ein Netz mit nach kongruenten Parallelogrammen (Elementarparallelogrammen) an-


Fig. 128a. Fig. 129. Fig. 130.

geordneten Molekülen bilden. Solche Netzebenen wiederholen sich parallel im Innern des Kristalls und haben dabei je nach ihrer Lage einen größeren oder kleineren Abstand; im ersteren Falle sind ihre Elementarparallelogramme kleiner als im zweiten, die Netzebenen bzw. die ihnen entsprechenden Flächen sind also dichter oder weniger dicht mit Molekülen besetzt. Wie sich aus gewissen Überlegungen ergibt, werden die am leichtesten sich bildenden, also häufigsten Flächen solche sein, die mit Molekülen möglichst dicht besetzten Netzebenen parallel gehen.


Fig. 128b.

Es gibt nun 14 Arten von Raumgittern, welche sich nach ihren Symmetrieverhältnissen in sechs Abteilungen bringen lassen, die im wesentlichen den holoedrischen Klassen der sechs Kristallsysteme entsprechen. Im regulären System gibt es drei Arten von Raumgittern. Dabei sind die Moleküle entweder nach den Ecken eines Würfels (Fig. 128a) oder nach den Ecken und dem Mittelpunkte (zentrierter Würfel, Fig. 129) oder endlich nach den Ecken und den Mittelpunkten der Flächen (flächenzentrierter Würfel, Fig. 130) angeordnet, wobei man sich dann diese Anordnung nach allen Richtungen gleichartig fortgesetzt denken muß (s. z. B. Fig. 128b). Die drei Scharen paralleler, die regulären Raumgitter erzeugenden Ebenen (s. oben) entsprechen je drei Flächen des Würfels, des Rhombendodekaeders und des Oktaeders, und stellen die am dichtesten mit Molekülen besetzten Netzebenen des betreffenden Raumgitters dar. Damit auch die weniger symmetrischen (teilflächigen) Klassen der Kristallsysteme in solchen Raumgittern ihre Vertreter finden, muß man den Molekülen selbst schon die geringere Symmetrie jener Klassen zuschreiben (Vorstellung von Bravais). Um letzteres zu vermeiden, hat man verschiedene weitere Annahmen gemacht, indem man die Kristalle im allgemeinen als

aus mehreren kongruenten, ineinandergestellten Raumgittern, den sog. Punktsystemen, aufgebaut betrachtete, auch die Parallelität der Moleküle nicht als notwendig annahm. Durch weiteren Ausbau dieser Theorie ist es gelungen, für alle 32 Kristallklassen eine Vorstellung vom Baue der dahin gehörigen Kristalle zu gewinnen.

v. Groth stellte später die Ansicht auf, daß die Punkte der Raumgitter oder der Punktsysteme nicht mit Molekülen, sondern mit Atomen, und zwar bei jedem einzelnen Raumgitter mit Atomen gleicher Art, besetzt seien, daß also Atome die Bausteine der Kristalle bilden. Danach könnte man sich z. B., wie sich später in der Tat ergab, die Kristalle des Steinsalzes als aus zwei kongruenten regulären Raumgittern (flächenzentrierten Würfeln) aufgebaut denken, von welchen das eine von Natrium-, das andere von Chloratomen gebildet würde, und die beide in bestimmter gegenseitiger Lage (hier um die Hälfte der Kantenlänge des flächenzentrierten Würfels gegeneinander verschoben) ineinandergestellt wären (s. Fig. 131, wo etwa die offenen Kreise die Natriumatome, die schwarzen die Chloratome darstellen sollen).

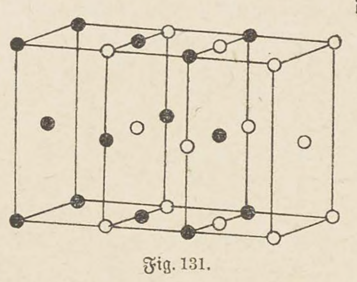


Fig. 131.

Die Vorstellung vom raumgitterartigen Bau der Kristalle erhielt vor kurzem eine glänzende Bestätigung durch die Versuche von v. Laue und andern mit Röntgenstrahlen, deren äußerst kleine Wellenlänge kürzer ist als der zu erwartende Abstand der Bausteine im Kristall. Dabei läßt man ein Bündel von parallelen Röntgenstrahlen (Primärstrahlen) senkrecht auf eine zu einer bestimmten Fläche parallele Kristallplatte fallen. Diese gehen zum Teil gerade durch die Platte hindurch, zum Teil aber erleiden sie darin — ebenso wie Lichtstrahlen (von viel größerer Wellenlänge) beim Eintritt in ein verhältnismäßig gröberes Gitter[1] — eine Beugung und Interferenz, sie werden gleichsam abgelenkt und treffen auf eine zu den Primärstrahlen senkrechte photographische Platte, auf der sie Punkte bzw. Flecken von bestimmter Anordnung erzeugen (Röntgenogramm). Die Ablenkung der Röntgenstrahlen erfolgt dabei so, als ob sie von den mehr oder weniger dicht mit Teilchen besetzten Netzebenen des Kristalls reflektiert würden, und zwar treten dabei ganz besonders die am dichtesten besetzten, den wichtigsten Kristallflächen parallelen Netzebenen hervor. Aus der Lage der einzelnen Punkte auf dem Röntgenogramm und der Entfernung der photographischen Platte von der Kristallplatte läßt sich die Lage der

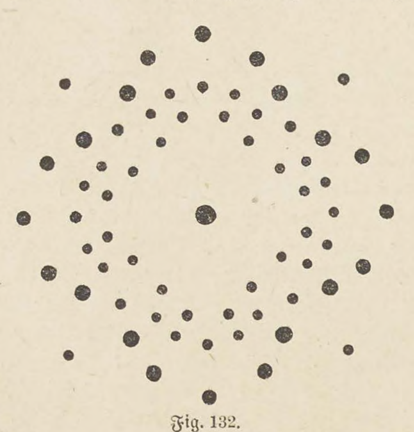


Fig. 132.

[1] Die mittlere Wellenlänge des gewöhnlichen Lichtes beträgt etwa 0,0005 mm, die der Röntgenstrahlen aber nur etwa ein Zehnmillionstel mm, während der Abstand der Atome im Kristall, die sog. Gitterkonstante, als etwas größer als die Wellenlänge der Röntgenstrahlen anzunehmen ist.

entsprechenden Netzebenen im Kristall ermitteln und eine vorläufige Vorstellung von der Art des betreffenden raumgitterartigen Baues ableiten. Ein solches Röntgenogramm von Steinsalz, entsprechend einer Spaltungsplatte nach dem Würfel, stellt Fig. 132 dar.

In etwas anderer Weise wurden diese Erscheinungen von Bragg (Vater und Sohn) untersucht. Die Genannten bedienten sich dabei homogener Röntgenstrahlen, d. i. solcher von einheitlicher, bestimmter Wellenlänge, und ließen dieselben unter verschiedenen Winkeln auf die Kristallplatte auffallen, wobei man mehrfache Reflexe erhält, deren Ablenkungswinkel nach besonderer Methode ermittelt wurden. Ohne daß wir hier näher darauf einzugehen vermögen, sei bemerkt, daß man aus den so beobachteten Erscheinungen nicht nur den atomistischen Bau der Kristalle ableiten, sondern auch (unter Zuhilfenahme gewisser anderer physikalischer Zahlenwerte) die äußerst kleinen Abstände berechnen kann, in welchen sich die parallelen Netzebenen und die einzelnen Atome eines Kristalls voneinander befinden. Was den atomistischen Bau der Steinsalzkristalle betrifft, so wurde auf diese Weise ermittelt, daß derselbe in der Tat ein derartiger ist, wie er oben vorläufig als möglich angenommen und durch Fig. 131 dargestellt wurde. Natürlich muß man sich im Kristall die beiden Raumgitter wieder nach allen Richtungen in gleicher Weise wiederholt bzw. fortgesetzt denken. — Wenngleich im atomistischen Bau der Kristalle die Moleküle in einzelne Atome aufgelöst erscheinen, so ändert sich natürlich die durch die chemische Formel ausgedrückte quantitative Zusammensetzung der betreffenden Substanz nicht. Doch ist die Art und Weise, wie die Valenzen der Atome hierbei im Kristall wirken, noch nicht endgültig aufgeklärt.

2. Morphologie der Kristallaggregate.

Wenn eine Anzahl aufgewachsener Kristalle dicht nebeneinander auf einer gemeinschaftlichen Unterlage derselben oder einer andern Substanz aufsitzt, so nennt man dies eine Kristalldruse. Meist befindet sich eine Druse in einer Spalte oder einer Höhlung (Geode). In prächtigen Drusen kommt z. B. der Bergkristall vor. Im Gegensatz zu den Drusen bezeichnet man wohl als Kristallgruppe eine in einer Grundmasse eingelagerte Zusammenhäufung miteinander verwachsener Kristalle; solche Gruppen bildet z. B. der Gips im Ton.

Fehlt es an dem zur vollkommenen Ausbildung der Flächen nötigen Raum, so findet eine gestörte Kristallisation statt, infolgederen kristallinische Aggregate entstehen. Man unterscheidet dabei hauptsächlich eine körnige und eine strahlige Struktur. Ein gutes Beispiel für die erstere liefert der karrarische Marmor. Die einzelnen Individuen machen einander den Raum streitig, und es gelangt kein Kristall zur vollkommenen Ausbildung seiner Form. Im übrigen besitzt jedoch jedes Korn die physikalischen Eigenschaften eines Kristalls. Werden die Körner so klein, daß man sie mit bloßem Auge nicht mehr erkennen kann, so bezeichnet man das Mineral als dicht. Sind die zusammengedrängten Kristalle vornehmlich nach einer Richtung ausgedehnt, so entsteht die strahlige und die faserige Struktur, mit welcher oft eine halbkugelförmig gekrümmte Oberfläche der

Aggregate verbunden ist, wobei die Strahlen oder Fasern wie Radien vom Zentrum ausstrahlen (radialfaserig, im Gegensatz zu parallelfaserig). Solche Gebilde bezeichnet man als kugelig, knollig, nierenförmig, traubig. Dieselben bestehen dabei oft aus mehreren konzentrischen Schichten; dieses doppelte Gefüge bezeichnet man auch wohl als Glaskopfstruktur, weil es am braunen Glaskopf (Brauneisenerz) und am roten Glaskopf (Roteisenerz) in ausgezeichneter Weise vorkommt. Als weitere Arten der Struktur kristallinischer Mineralien werden noch die schalige, blätterige, schuppige, stengelige unterschieden.

Gewisse gediegene Metalle (Kupfer, Silber, Gold) zeigen nicht selten eigentümliche stern- oder baumförmige (sog. dendritische) Gebilde, an welche sich die moos-, zahn- und drahtförmigen Gestalten derselben anschließen. Oft treten sie auch in Platten und Blechen von komplizierter Zusammensetzung auf. Die Ebene solcher Platten wie auch flacher Dendriten geht einer Oktaederfläche parallel, nach welcher sich die vordere und die hintere Seite (bzw. Schicht) zueinander in Zwillingsstellung befinden. Schließlich sind hier die zapfen- bis säulenförmigen Tropfsteine (Stalaktiten) zu erwähnen, welche sich in Höhlen durch Absatz aus herabtröpfelnden Lösungen gebildet haben und namentlich beim Kalkstein beobachtet werden. Dieselben besitzen eine schalige, körnige oder faserige Struktur; im letzteren Falle strahlen die Fasern von der Achse nach der Oberfläche aus.

II. Physikalische Eigenschaften der Mineralien.

1. Kohäsionserscheinungen.

a. Spaltbarkeit. Die Kristalle vieler Mineralien zeigen die merkwürdige Eigenschaft, daß sie nach gewissen Richtungen, welche mit den Richtungen bestimmter Kristallflächen zusammenfallen, mehr oder weniger leicht spaltbar sind. Es lassen sich infolgedessen glatte Spaltungsflächen sowie Spaltungsstücke herstellen. Da die Spaltbarkeit nur an die Richtung, nicht aber an den Ort gebunden ist, so folgt, daß jedes Spaltungsstück wieder spaltbar ist; die Spaltbarkeit besitzt keine für unsere Hilfsmittel erreichbare Grenze. Die Spaltungsflächen sind nicht schon vorher in den Kristallen, wenn auch versteckt, vorhanden, sondern sie werden immer erst infolge einer von außen wirkenden Kraft (Schlag, Stoß, Zug) hervorgerufen. Zeigt ein Kristall Spaltbarkeit nach einer Fläche einer bestimmten Form, so besitzt er dieselbe auch nach allen übrigen derselben Form angehörigen Flächen. Beispiele einer sehr deutlichen Spaltbarkeit liefern das Steinsalz (spaltbar nach den Würfelflächen), der Kalkspat

(spaltbar nach den Flächen des Hauptrhomboeders + R), der Glimmer (spaltbar nach der monoklinen Basis). Die Spaltbarkeit kann bei verschiedenen Mineralien sehr verschieden vollkommen sein. Dementsprechend bezeichnet man sie als höchst vollkommen, sehr vollkommen, vollkommen, unvollkommen, sehr unvollkommen.

Manche Kristalle lassen Spaltbarkeit nach den Flächen mehrerer Formen zugleich erkennen. So ist z. B. der Orthoklas spaltbar nach der Basis und nach dem Klinopinakoid, und zwar nach beiden sehr und fast gleich vollkommen, außerdem sehr unvollkommen nach den Flächen von ∞ P. Die Grade dieser mehrfachen Spaltbarkeit können also, entsprechend der Ungleichwertigkeit der betreffenden Flächen, ganz verschieden sein.

b. Bruch. Wird ein Mineral nach Richtungen zerbrochen oder zerschlagen, nach welchen in ihm keine Spaltbarkeit vorhanden ist, so entstehen Bruchflächen, die man kurz den Bruch nennt. Je vollkommenere Spaltbarkeit ein Mineral zeigt, um so schwieriger wird es sein, an demselben eigentliche Bruchflächen herzustellen. Leicht ist dies jedoch bei solchen Mineralien, welche nur eine sehr unvollkommene oder gar keine wahrnehmbare Spaltbarkeit besitzen. In solchen Fällen namentlich ist die Beschaffenheit und Form der Bruchflächen charakteristisch und kann als Hilfsmittel zur Bestimmung eines Minerals dienen. Der Bruch erscheint hauptsächlich:

1) muschelig, wenn die Bruchfläche muschelähnliche Erhabenheiten und Vertiefungen zeigt (Feuerstein);

2) splitterig, wenn auf der Bruchfläche kleine, halb abgelöste Splitter haften (Chalcedon);

3) hakig, wenn die Bruchfläche sehr kleine, hakenartig gekrümmte Spitzen zeigt; findet sich nur bei dehnbaren Metallen (Kupfer);

4) erdig, wenn die Bruchfläche mit staubartigen Teilchen bedeckt ist (Kreide).

Weitere von selbst verständliche Bezeichnungen sind: glatt, eben, uneben.

c. Schlagfiguren. Setzt man auf eine Spaltungsplatte von Glimmer eine Metallspitze (etwa eine Nadel) und führt gegen dieselbe mit einem Hammer einen kurzen Schlag, so entstehen in der Platte von der Spitze aus sechs mehr oder weniger geradlinige Sprünge, welche einen sechsstrahligen Stern mit Winkeln von 60° bilden. Dies nennt man eine Schlagfigur. Die Schlagfiguren, welche außer am Glimmer auch am Steinsalz und andern Mineralien dargestellt werden können, entsprechen Trennungsrichtungen, die von den Spaltungsrichtungen durchaus unabhängig sind.

d. Härte. Unter der Härte eines Minerals versteht man den Widerstand, welchen es dem gewaltsamen Eindringen eines andern Körpers entgegensetzt. Um auf eine möglichst einfache Weise ein Urteil über die Härte

zu gewinnen, versucht man das Mineral mit einem scharfkantigen Körper zu ritzen und prüft, ob letzterer leicht oder schwierig oder endlich gar nicht in die Oberfläche des Minerals eindringt. Man findet sehr bald, daß die Härte der verschiedenen Mineralien sich innerhalb weiter Grenzen bewegt, daß aber jedes einzelne Mineral eine konstante Härte besitzt.

Strenggenommen ist allerdings die Härte eines Kristalls, auf verschiedenen Flächen oder auf einer Fläche in verschiedenen Richtungen geprüft, nicht gleich, im Gegenteil lassen sich zuweilen beträchtliche Unterschiede erkennen. So wird z. B. der Cyanit, welcher im triklinen System kristallisiert, auf derjenigen Fläche, welche der vollkommensten Spaltbarkeit entspricht, viel leichter geritzt als auf der andern. Ebenso zeigen Gips und Glimmer auf den Flächen der vollkommensten Spaltbarkeit eine geringere Härte als auf den übrigen Flächen. Endlich lassen sich auf den Spaltungsflächen des Gipses und des Kalkspats je nach der Richtung des Ritzens bei einiger Aufmerksamkeit verschiedene Härtegrade unterscheiden. Da derartige Unterschiede jedoch in der Regel nur klein sind, so können dieselben im folgenden unberücksichtigt bleiben.

Von dem Grundsatze ausgehend, daß von zwei Körpern, von welchen der eine den andern zu ritzen vermag, der ritzende härter ist als der geritzte, hat Mohs folgende Härteskala aufgestellt:

1) Talk,	6) Orthoklas,
2) Gips (oder Steinsalz),	7) Quarz,
3) Kalkspat,	8) Topas,
4) Flußspat,	9) Korund,
5) Apatit,	10) Diamant.

Ritzt ein Mineral z. B. den Kalkspat, nicht aber den Flußspat und wird auch von diesem nicht geritzt, so ist seine Härte genau = 4; ritzt es hingegen den Kalkspat, wird aber selbst vom Flußspat geritzt, so liegt seine Härte zwischen 3 und 4, man drückt sie aus durch 3,5. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß die betreffende Härte genau in der Mitte zwischen der des Kalkspats und der des Flußspats liege. Überhaupt sind die Zahlen der Härteskala mehr als Nummern denn als wirkliche Grade zu betrachten. In Wirklichkeit ist der Unterschied der Härte zwischen den Anfangsgliedern der Skala viel geringer als zwischen den höheren Gliedern. Der Unterschied zwischen den höchsten Gliedern ist ein sehr großer. Die Edelsteinschleifer schätzen nach der Zeit, welche zum Polieren erforderlich ist, den Unterschied der Härte von Diamant und Korund viel größer als die Unterschiede der nächstniedrigen Härtegrade.

e. Elastizität und Biegsamkeit. Besitzen die Mineralien das Vermögen, größere Veränderungen ihrer Gestalt wieder aufzuheben, sobald die

Kraft, welche dieselben hervorgebracht hatte, zu wirken aufhört, so nennt man sie elastisch. Elastisch sind z. B. dünne Blättchen von Glimmer oder Stäbchen von Asbest. Verharren die verschobenen Teile jedoch in ihrer neuen Lage, so nennt man das Mineral biegsam. Biegsam sind z. B. Chlorit, Gips und Talk. Zuweilen kommen in der Natur mehrfach gebogene Kristalle von Gips vor.

f. Geschmeidigkeit. Man nennt ein Mineral geschmeidig, wenn es der eindringenden Spitze eines härteren Körpers (etwa dem Messer) vollständig nachgibt, wobei weder Sprünge entstehen, noch auch sich Splitter oder ein Pulver von dem Mineral ablösen. Geschmeidig ist z. B. das Gold, das Silber, der Silberglanz. Die geschmeidigen Metalle sind gewöhnlich auch dehnbar, indem sie sich zu dünnen Blättchen hämmern oder zu Draht ausziehen lassen. Zäh nennt man ein Mineral, welches sich entweder gar nicht oder nur sehr schwierig in Stücke zerschlagen läßt, wie z. B. Eisen und alle dehnbaren Metalle. Beobachtet man beim Schaben oder Kratzen eines Minerals ein Fortspringen der Splitter und des Pulvers, so nennt man dasselbe spröde, z. B. Feldspat, während man als mild diejenigen Mineralien bezeichnet, deren Pulver beim Schaben auf der Messerklinge liegen bleibt, z. B. Graphit.

g. Verhalten gegen lösende Substanzen. Ätzfiguren. Die zu verschiedenen Formen gehörigen Flächen eines Kristalls werden von auflösenden Flüssigkeiten oder Dämpfen verschieden stark angegriffen. Auf gewissen Flächen findet eine raschere Auflösung statt als auf andern. So werden z. B. die Flächen $+R$ des Kalkspats von Salzsäure stärker angegriffen als die Basis $0R$. Gewisse Kanten der Kristalle erleiden dabei häufig eine merkwürdige Veränderung, indem an ihre Stelle schmale Flächen, sog. Prärosionsflächen, treten. So werden an den Quarzkristallen die abwechselnden Kanten $+R : -R$ von Flußsäure gleichsam weggeätzt, und es erscheinen daselbst schmale, fast ebene Flächen. Manche natürlich vorkommende Kristalle lassen derartige, auf die Einwirkung lösender Stoffe zurückzuführende Erscheinungen (matte Flächen neben glänzenden, schmale, meist etwas gerundete Abstumpfungen gewisser Kanten) erkennen.

Die Kristallflächen werden jedoch in der Regel nicht gleichmäßig von der auflösenden Substanz angegriffen, sondern es zeigen sich, wenn man das Lösungsmittel vorsichtig — nur möglichst kurze Zeit oder in verdünntem Zustande — einwirken läßt, auf denselben viele kleine, regelmäßig gestaltete Vertiefungen, welche von ebenen Flächen begrenzt werden und alle parallel liegen. Man nennt sie Ätzfiguren oder Ätzeindrücke. Manchmal erreichen dieselben bei vorsichtig fortgesetzter Ätzung eine so bedeutende Größe, daß sie schon mit bloßem Auge oder mit der Lupe wahrzunehmen sind, in der

Regel muß man sich dazu des Mikroskops bedienen. Die Form der Ätzfiguren richtet sich nach der Symmetrie des Kristalls bzw. der Fläche, auf der sie auftreten; sie sind auf gleichartigen Flächen gleich, auf verschiedenartigen verschieden. Fig. 133 stellt die auf den Oktaederflächen des Magnetits nach dem Ätzen mit Salzsäure erscheinenden Ätzfiguren dar. Fig. 134

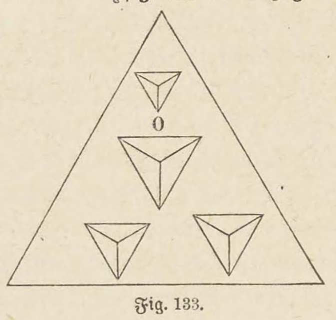


Fig. 133.

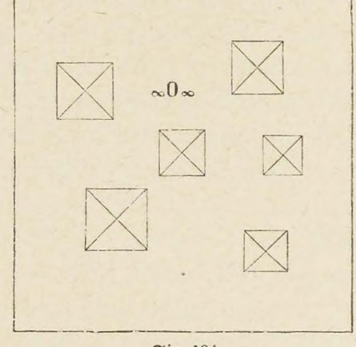


Fig. 134.

zeigt die durch Behandlung mit Wasser auf den Würfelflächen des Steinsalzes zu erhaltenden Ätzfiguren. Fig. 135 stellt die auf der Basis des rhombischen Topases mit Hilfe von geschmolzenem Ätzkali, Fig. 136 die auf der Basis des monoklinen Muskovits durch Behandlung mit Flußspat und Schwefelsäure hervorgerufenen Ätzfiguren dar. Die ersteren sind der Symmetrie der rhombischen Basis entsprechend nach rechts und links, sowie anderseits nach vorn und hinten gleichgestaltet, während diejenigen des Muskovits nur nach rechts und links symmetrisch sind.

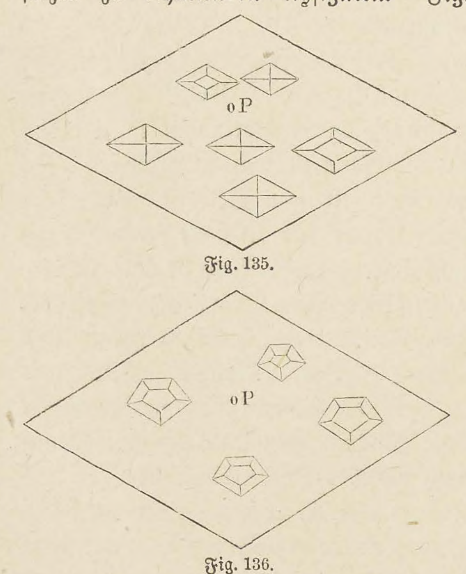


Fig. 135.

Fig. 136.

Nicht nur bei holoedrischen, sondern auch bei hemiedrischen und hemimorphen Kristallen stehen die Ätzfiguren in enger Beziehung zur Symmetrie der betreffenden Fläche. So zeigt Fig. 137 die mit Salzsäure geätzte Basis des hexagonalen pyramidal-hemiedrischen Apatits, Fig. 138 das mit derselben Säure geätzte Brachypinakoid des rhombischen, nach der Vertikalachse hemimorphen Kieselzinkerzes. Im ersteren Falle besitzen die Ätzfiguren die Form und Lage von hexagonalen Tritopyramiden, was der

pyramidalen Hemiedrie entspricht; im letzteren sind die Ätzfiguren oben anders ausgebildet als unten, was deutlich auf die Hemimorphie hinweist (s. S. 42). Aus dem Gesagten ergibt sich, daß auch die Flächen solcher Formen, welche bei einer Hemiedrie oder Hemimorphie äußerlich unverändert bleiben, doch durch ihre Ätzfiguren den geringeren Grad von Symmetrie zu erkennen geben, also in Wirklichkeit ebenfalls als hemiedrisch oder hemimorph zu betrachten sind. Entsprechendes gilt für die Tetartoedrien. So bildet denn die Untersuchung der Ätzfiguren eines Kristalls ganz allgemein ein ausgezeichnetes, ja das sicherste Mittel, die Klasse zu erkennen, welcher der betreffende Kristall angehört.

Die Zwillingskristalle lassen nach dem Ätzen ihre Zusammensetzung aus zwei oder mehreren Individuen besonders deutlich erkennen. Fig. 139 stellt die mit Essigsäure (Essig) geätzte Basis eines Aragonitdrillings dar,

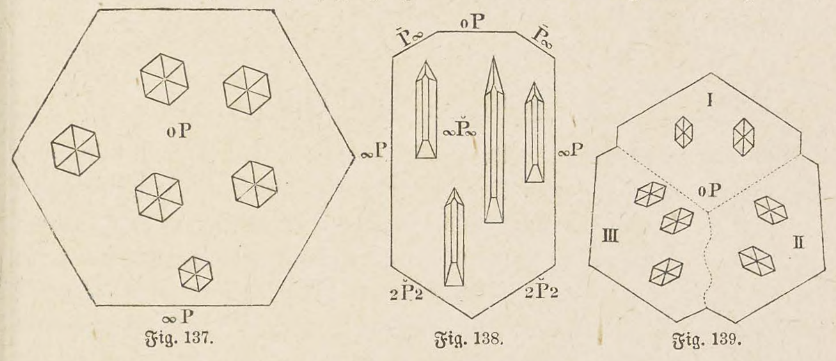


Fig. 137. Fig. 138. Fig. 139.

auf der sich die drei miteinander verwachsenen Kristalle durch die relativ verschiedene Lage ihrer Ätzfiguren aufs bestimmteste unterscheiden lassen.

Ätzfiguren nimmt man auch zuweilen an natürlich vorkommenden Kristallen wahr, woraus folgt, daß dieselben der Einwirkung lösender Substanzen ausgesetzt waren.

Gewisse kristallinische oder anscheinend amorphe Mineralien, welche vorher eine Struktur nicht erkennen lassen, offenbaren eine solche bei der Ätzung. Chalcedon und Achat zeigen, auf angeschliffenen Flächen mit Flußsäure geätzt, einen Aufbau aus konzentrischen, höchst dünnen Schichten, wie er vordem nicht oder nicht so deutlich zu sehen war.

2. Spezifisches Gewicht.

Zu den wichtigsten Merkmalen der Mineralien gehört das spezifische Gewicht, indem verschiedene Mineralsubstanzen in den meisten Fällen verschiedenes, hingegen alle Varietäten eines und desselben Minerals im allgemeinen sehr nahe gleiches spezifisches Gewicht besitzen.

Am schwersten sind die gediegenen Metalle: Platin (rein) 21,5, Gold 19,4, Quecksilber 13,6, Silber 10,6, Kupfer 8,9. Hieran schließen sich die Erze: Zinnober 8,1, Bleiglanz 7,5, Zinnstein 6,9, Weißbleierz 6,5. Ferner besitzen ein hohes spezifisches Gewicht z. B. Schwerspat 4,5, Korund 4, Diamant 3,5.

Verhältnismäßig leicht sind schon u. a.: Kalkspat 2,7, Quarz 2,65, Orthoklas 2,58; noch leichter: Gips 2,3, Schwefel 2, Steinkohle 1,5 und leichter, Bernstein 1,1.

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, wie verschieden das spezifische Gewicht der Mineralien sein kann. Will man also auch bei der Bestimmung eines Minerals das spezifische Gewicht nicht genau ermitteln, so wird man sich doch oft schon mittels Abwägen in der Hand und Vergleichen mit bekannten Mineralien eine annähernde Kenntnis desselben verschaffen können.

3. Optische Eigenschaften.

a. Lichtbrechung. Dringt ein Lichtstrahl aus der Luft in einen festen oder flüssigen Körper ein oder geht er umgekehrt aus einem solchen in die Luft über, so erleidet er eine Ablenkung von seiner Richtung, ausgenommen, wenn er senkrecht auf die Trennungsfläche der beiden Mittel, der Luft und des betreffenden Körpers, auffällt (Fig. 140). Die in dem Punkte, wo der Strahl die Trennungsfläche trifft, auf dieser errichtete Senkrechte heißt das Einfallslot, der von diesem und dem einfallenden Strahl gebildete Winkel Einfallswinkel (α), sowie der vom Einfallslot und dem gebrochenen Strahl gebildete Winkel Brechungswinkel (β). Der einfallende und der gebrochene Strahl liegen mit dem Einfallslote in derselben Ebene. Brechungsquotient (n) nennt man das Verhältnis der Sinus der beiden genannten Winkel, es ist:

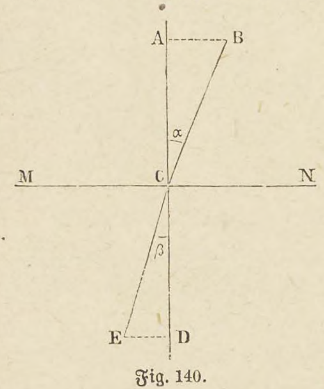


Fig. 140.

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}, \text{ in der Figur (wo } BC = CE) = \frac{AB}{ED},$$

und zwar gilt derselbe gewöhnlich für den Übergang der Strahlen aus der Luft (genauer aus dem luftleeren Raume) in den betreffenden durchsichtigen Körper. Bei einem und demselben amorphen Körper, z. B. Glas, oder bei einer Flüssigkeit, z. B. Wasser, ist der Brechungsquotient für

alle Strahlen konstant, mögen sie in einer Richtung auffallen, in welcher sie wollen[1].

Man nimmt an, die Ablenkung der Lichtstrahlen beim Eintritt in ein dichteres Mittel rühre von dem größeren Widerstande her, welcher der Verbreitung des Lichtes in demselben geleistet wird. Die Versuche von Foucault haben denn auch ergeben, daß die Geschwindigkeit des Lichtes (von mittlerer Wellenlänge) im Wasser zu der in der Luft sich verhält wie 3 : 4, was mit dem für das Wasser ermittelten Brechungsquotienten $1,333 = \frac{4}{3}$ in auffallender Weise übereinstimmt. Man kann demnach den Satz aufstellen: Die Lichtgeschwindigkeiten in verschiedenen Mitteln verhalten sich umgekehrt wie deren Brechungsquotienten.

Außer den amorphen zeigen nun alle regulär kristallisierenden, durchsichtigen Mineralien die bisher besprochene einfache Lichtbrechung, d. h. ein einzelner einfallender Strahl ist nach dem Durchgange durch das betreffende Mineral noch einfach und folgt den oben genannten Gesetzen.

Anders hingegen verhalten sich die nichtregulären Mineralien. Bei ihnen ist im allgemeinen mit dem Eintritt bzw. Durchgang eines Lichtstrahls zugleich eine Spaltung desselben in zwei Strahlen (doppelte Brechung) verbunden, welche Erscheinung zuerst am Kalkspat (isländischen Doppelspat) von Erasmus Bartholin 1669 beobachtet wurde.

Betrachtet man durch ein nicht zu dünnes (rhomboedrisches) Spaltungsstück des genannten Minerals die in einem Kartenblatt durch einen Nadelstich erzeugte helle Öffnung, so erscheint dieselbe doppelt. Das eintretende Lichtbüschel, also auch jeder durchgehende Lichtstrahl, ist demnach in zwei Büschel bzw. Strahlen zerlegt worden. Betrachtet man durch den Kalkspat eine auf ein Blatt Papier gezeichnete und mit einem markierten Punkt versehene Linie, so sieht man dieselbe und natürlich ebenso den Punkt doppelt. Dreht man nun den Kalkspat, indem er auf dem Papier liegt, so verharrt das eine Bild auf seiner Stelle (gerade wie wenn man durch eine Glasplatte sieht), während das zweite tiefergelegene sich um das erste herumbewegt. Hält man das Auge senkrecht über den Kalkspat, so geht die scheinbar horizontale Verbindungslinie der beiden Bilder stets parallel der kurzen Rhombendiagonale. Von den beiden, aus einem Lichtstrahl durch die doppelte Brechung hervorgehenden Strahlen folgt der eine, welcher der *ordentliche* oder ordinäre genannt wird, dem gewöhnlichen Brechungsgesetze, während der andere, *außerordentliche* oder extraordinäre, einem andern Gesetze gehorcht. Er *braucht nicht mit dem einfallenden*

[1] Doch ist dabei vorausgesetzt, daß die betreffenden Strahlen von gleicher Art, d. i. gleicher Farbe bzw. Wellenlänge seien, da mit diesen auch die Brechungsquotienten sich ändern.

Strahle und dem Einfallslote in einer Ebene zu liegen. Auch besitzt hier der ordentliche Strahl einen größeren Brechungsquotienten als der außerordentliche, und der Brechungsquotient des letzteren ist nicht konstant, sondern ändert sich mit der Richtung des einfallenden Lichtes.

Jede Ebene, welche auf einer Rhomboederfläche senkrecht steht und dabei der kurzen Rhombendiagonale parallel geht, heißt ein optischer Hauptschnitt. Liegt der einfallende Strahl in einer solchen Ebene, so liegen auch die beiden durch die doppelte Brechung aus ihm hervorgegangenen Strahlen in derselben (Fig. 141). Fällt ein Strahl senkrecht auf eine Rhomboederfläche auf, so wird der ordentliche Strahl gar nicht, der außerordentliche in der Ebene des Hauptschnittes abgelenkt.

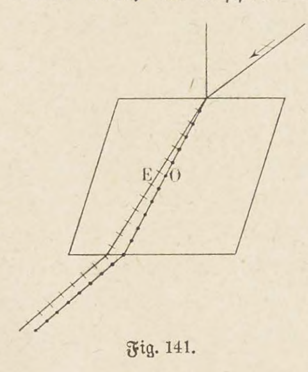


Fig. 141.

Die Doppelbrechung kann an den meisten nichtregulären Kristallen nicht in der einfachen direkten Weise wahrgenommen werden wie beim Kalkspat, weil der Unterschied der beiden Brechungsquotienten in der Regel viel kleiner ist als bei diesem. An durchsichtigen, klaren Quarzkristallen (z. B. den sog. Marmaroscher Diamanten) läßt sich die Doppelbrechung jedoch auch direkt beobachten, und zwar auf folgende Art: Man lege ein Quarzprisma (Kombination $\infty R \cdot \pm R$), bei welchem eine Fläche so vorherrscht, daß man durch sie und die zweitbenachbarte wie durch ein Prisma (von 60^0) hindurchsehen kann, auf einen auf Papier gezogenen Strich, so daß die stark ausgedehnte Prismenfläche den Strich bedeckt und die Hauptachse demselben parallel geht. Dann erblickt man den Strich nicht nur durch die obere horizontale, sondern auch durch die benachbarte schräg liegende Fläche (ebenso auf der entgegengesetzten Seite). Dieselbe Erscheinung bietet natürlich jedes Glasprisma dar. Entfernt man jedoch den Kristall in paralleler Lage von dem Striche, so rückt das seitliche Bild noch mehr von der Mitte weg, und indem man dasselbe verfolgt, sieht man, wie es sich schon bei verhältnismäßig geringer Entfernung in zwei Bilder spaltet.

Schleift man an einem Kalkspatrhomboeder die beiden Polecken weg, so daß sie durch zwei zur Hauptachse senkrechte Flächen (0R) ersetzt werden, und blickt geradeaus durch die beiden parallelen Flächen nach einem Punkt oder einer hellen Öffnung in einem Kartenblatt, so sieht man dieselben nur einfach; es erscheinen aber wieder doppelte Bilder, wenn man schief hindurchsieht. Hieraus folgt, daß in der Richtung parallel zur Hauptachse nur

einfache Brechung stattfindet. Solche Richtungen nennt man optische Achsen [1].

Die Kristalle der hexagonalen und quadratischen Mineralien besitzen nur *eine* optische Achse, welche mit der kristallographischen Hauptachse zusammenfällt; sie sind optisch einachsig. Dabei zeigt sich jedoch der Unterschied, daß bei gewissen der hierhingehörigen Körper, wie beim Kalkspat, der Brechungsquotient des ordentlichen Strahles größer ist als der des außerordentlichen (optisch *negative* Kristalle), bei andern hingegen, wie beim Quarz, das Umgekehrte stattfindet (optisch *positive* Kristalle).

Bei weiterer Verfolgung der erwähnten Erscheinungen hat man gefunden, daß die beiden durch Doppelbrechung aus einem Strahle entstandenen, aus dem Kalkspatrhomboeder austretenden Strahlen (Fig. 141) *senkrecht zueinander polarisiert sind*, d. h. daß die Äthermoleküle bei jedem einzelnen Strahl sämtlich in einer Richtung schwingen, während die Schwingungsrichtungen beider Strahlen aufeinander senkrecht stehen. Die Schwingungen des extraordinären Strahles E geschehen im Kristall selbst stets in der durch den Strahl und die Hauptachse (optische Achse) gehenden Ebene, d. i. in seinem optischen Hauptschnitt (in der Figur Ebene der Zeichnung), wobei jedoch zu bemerken ist, daß nicht nur die oben erwähnten, auf den Rhomboederflächen senkrechten und der kurzen Rhombendiagonale parallelen, sondern alle durch die Hauptachse gehenden oder zu solchen parallelen Ebenen optische Hauptschnitte (d. i. Symmetrie-Ebenen in optischer Beziehung) sind. Die Schwingungen des ordinären Strahls O geschehen stets senkrecht zur Hauptachse (hier senkrecht zur Ebene der Zeichnung). Der Brechungsquotient des extraordinären Strahles weicht von dem konstanten des ordinären am meisten ab, wenn der extraordinäre Strahl in einer zur Hauptachse *senkrechten* Richtung durch den Kristall hindurchgeht, wobei er *parallel der Hauptachse* schwingt. Für diesen Fall fand man beim Kalkspat den Brechungsquotienten des ordinären Strahles $\omega = 1{,}6583$, des extraordinären $\varepsilon = 1{,}4864$; beim Quarz $\omega = 1{,}5442$, $\varepsilon = 1{,}5523$ (für gelbes Licht). ω und ε werden als *Hauptbrechungsquotienten* bezeichnet. Der Unterschied der Brechung beider Strahlen wird um so geringer, je kleiner der Winkel ist, welchen der extraordinäre Strahl mit der optischen Achse einschließt. Pflanzt sich endlich der genannte Strahl *parallel* der Hauptachse fort, wobei er (wie der ordinäre) *senkrecht zur Hauptachse* schwingt, so ist sein Brechungsquotient genau gleich

[1] Die optischen Achsen sind ebensowenig wie die kristallographischen *einzelne* Linien, sondern *Richtungen*, denen im Kristall unendlich viele Linien parallel gehen.

dem des ordinären Strahles, d. h. es findet keine doppelte, sondern nur einfache Brechung statt. Aus allen betreffenden, an optisch einachsigen Kristallen beobachteten Erscheinungen folgt, daß ein solcher Kristall sich nach sämtlichen, zur Hauptachse gleich geneigten Richtungen optisch gleich verhält. Eine daraus hergestellte Kugel läßt also optisch wohl die Lage der Hauptachse, nicht aber diejenige der Nebenachsen erkennen.

Kristalle, welche dem rhombischen, monoklinen oder triklinen System angehören, zeigen gleichfalls doppelte Lichtbrechung, jedoch besitzen dieselben zwei Richtungen, in denen nur einfache Brechung stattfindet, also zwei optische Achsen. Sie sind optisch zweiachsig. Bei diesen Körpern besitzen beide durch die doppelte Brechung entstehende Strahlen einen mit der Richtung wechselnden Brechungsquotienten, es kann also hier nur von extraordinären Strahlen die Rede sein. Auch unterscheidet man hier statt zwei drei Hauptbrechungsquotienten (α, β, γ). Sie entsprechen solchen Strahlen, die nach drei aufeinander senkrechten Richtungen ihre Schwingungen ausführen, von denen zwei (für α und γ) den Halbierenden der von den optischen Achsen gebildeten Winkel parallel gehen, während die dritte (für β) zur Ebene jener Achsen senkrecht steht. α ist der kleinste, β der mittlere, γ der größte Hauptbrechungsquotient ($\alpha < \beta < \gamma$). Umgekehrt entspricht α der größten, γ der kleinsten Lichtgeschwindigkeit (für die betreffende Lichtart) innerhalb des Kristalls. Die Ebene[1], in welcher die beiden optischen Achsen liegen, fällt bei den rhombisch kristallisierenden Mineralien mit einer der drei kristallographischen Achsenebenen zusammen. Auch besitzen die Linien, welche die Winkel der optischen Achsen halbieren, die Richtung zweier Kristallachsen. Bei den Mineralien des monoklinen Systems fällt die Ebene der optischen Achsen entweder mit der Symmetrie-Ebene bzw. der Achsenebene a c zusammen oder sie steht auf derselben senkrecht. Im triklinen System endlich besitzt die Ebene der optischen Achsen keine im voraus bestimmbare, überhaupt keine kristallographisch orientierte Lage.

Von großer Wichtigkeit ist die Beobachtung durchsichtiger Kristalle bzw. daraus geschliffener dünner Platten (auch Spaltungsplatten) im polarisierten Lichte. Zur Erzeugung des polarisierten Lichtes bedient man sich allgemein des sog. Nicolschen Prismas, welches aus Doppelspat hergestellt und so konstruiert ist, daß von den beiden durch die Doppelbrechung entstehenden senkrecht zueinander polarisierten Strahlen nur der außerordentliche durchgelassen wird. Zwei solcher Prismen werden nun so mit

---

[1] Es ist zu beachten, daß diese Ebene, geradeso wie die Ebene zweier kristallographischer Achsen, nicht eine einzelne ist, sondern daß sie eine Richtung darstellt, welcher unendlich viele parallele und gleichwertige Ebenen entsprechen.

einem Mikroskop verbunden, daß die aus dem unteren (dem sog. Polarisator) austretenden Strahlen auf die (auf dem Tische des Mikroskops befindliche) Kristallplatte fallen und nach dem Durchgange durch dieselbe das zweite Nicolsche Prisma (den Analysator) passieren, ehe sie ins Auge gelangen. Die beiden in Metallhülsen gefaßten Prismen sind so angebracht, daß man durch Drehung um die Achse des Mikroskops ihre gegenseitige Stellung verändern kann. Stehen die beiden parallel, so erscheint das Gesichtsfeld des Mikroskops hell; dreht man dann das eine Prisma um 90°, so ist das Gesichtsfeld dunkel, weil jetzt die Strahlen, welche das untere Prisma liefert, von dem oberen nicht hindurchgelassen werden. Bei den jetzt gebräuchlichen Instrumenten ist auch ein Nicolsches Prisma (als Analysator) über dem Objektiv so angebracht, daß es bequem seitlich in den Tubus eingeschoben und wieder zurückgezogen werden kann; dieser Analysator befindet sich gewöhnlich in zum Polarisator unter 90° gekreuzter Stellung. Man kann nun die von dem Polarisator gelieferten Strahlen parallel auf die zu untersuchende Kristallplatte fallen lassen, oder man kann dieselben vorher durch eine über dem Polarisator passend angebrachte starke Sammellinse konvergent machen. Danach unterscheidet man eine Beobachtung im parallelen und eine solche im konvergenten polarisierten Lichte. Im letzteren Falle ersetzt man das Okular des Mikroskops durch eine an tieferer Stelle in den Tubus eingeschobene schwache Sammellinse, oder man kombiniert mit letzterer ein anderes hierzu bestimmtes Okular, oder endlich man bedient sich des zu diesem Zwecke eigens konstruierten Polarisationsinstrumentes.

1. Beobachtung im parallelen polarisierten Lichte. Kreuzt man die beiden Nicols, stellt also das Mikroskop auf Dunkel, und legt dann auf den Tisch desselben eine Platte eines durchsichtigen amorphen Minerals oder eines Kristalls, welcher dem regulären System angehört, so bleibt das Gesichtsfeld dunkel, auch wenn man die Platte um die Achse des Mikroskops dreht. Denn weil die Platte das Licht einfach bricht, erleidet ein aus dem Polarisator kommender Strahl in derselben ebensowenig eine Änderung seiner Schwingungsrichtung, als wenn er durch Luft geht, wird also vor wie nach vom Analysator nicht durchgelassen. Gehört aber die Platte einem Kristall an, welcher nicht regulär, also auch nicht einfach-, sondern doppeltbrechend ist, so erscheint dieselbe zwischen gekreuzten Nicols bei der Drehung im allgemeinen abwechselnd hell und dunkel. Eine Aufhellung der doppeltbrechenden Platte tritt immer dann ein, wenn die Schwingungsrichtungen der beiden durch Doppelbrechung in der Platte entstehenden Strahlen mit der Schwingungsrichtung des Polarisators, also auch des Analysators, einen schiefen Winkel bilden. Dann wird das aus dem

Polarisator kommende Licht in der Platte doppelt gebrochen und hierauf zum Teil vom Analysator durchgelassen. Dreht man nun die Platte, so tritt jedesmal dann Dunkelheit ein, wenn die Schwingungsrichtung der aus dem Polarisator austretenden Strahlen mit einer Schwingungsrichtung der Kristallplatte zusammenfällt, jene Strahlen also in letzterer keine Doppelbrechung erleiden. Die Platte gestattet einem solchen Strahl vielmehr ungestörten Durchgang, worauf er im Analysator ausgelöscht wird. Da die Schwingungsrichtungen einer doppeltbrechenden Platte aufeinander senkrecht stehen, so folgt, daß jedesmal wieder nach einer Drehung um 90°, also bei einer ganzen Umdrehung viermal, Dunkelheit eintreten muß. Man bezeichnet deshalb die Schwingungsrichtungen der Kristallplatte auch als ihre Auslöschungsrichtungen.

Bei der Hellstellung zwischen gekreuzten Nicols erscheinen aber die dünnen, doppeltbrechenden Platten, wenn auch weißes Licht in den Polarisator eintritt, nicht farblos (oder in ihrer Eigenfarbe), sondern sie zeigen schöne Farben, welche man Interferenzfarben nennt. Stellt man die Nicols parallel, so zeigt eine solche Platte die komplementäre Farbe zu derjenigen, die sie zwischen gekreuzten aufweist. Die Art dieser Farben hängt in jedem einzelnen Falle von dem Brechungsvermögen und der Dicke der Platte sowie von der Richtung ab, in welcher dieselbe aus dem Kristall hergestellt wurde. Dünne Platten von Gips und Glimmer, dickere von Quarz zeigen die Farben sehr schön.

Hinsichtlich einer Kristallplatte, welche aus einem hexagonalen oder quadratischen Kristall hergestellt ist, gelten folgende Gesetze. Geht die Platte der Basis parallel, so erleidet das aus dem Polarisator kommende Licht, weil es parallel der optischen Achse hindurchgeht, in der Platte keine doppelte Brechung, trifft vielmehr unverändert den Analysator und wird in demselben ausgelöscht. Eine solche Platte zeigt also zwischen gekreuzten Nicols Dunkelheit und behält dieselbe auch bei einer ganzen Umdrehung bei. Ist die Platte einer Prismenfläche parallel, so erscheint sie jedesmal dunkel, wenn die Richtung einer Prismenkante (oder auch der Kombinationskante mit der Basis) mit der Schwingungsrichtung eines Nicols zusammenfällt. Ihre Auslöschungsrichtungen liegen also parallel und senkrecht zur Hauptachse. Geht die Platte endlich einer Pyramidenfläche parallel, so liegen ihre Auslöschungsrichtungen parallel der Randkante der Pyramide und senkrecht dazu. Eine Rhomboederfläche zeigt Auslöschung nach ihren beiden Diagonalen, welche jenen Richtungen bei der holoedrischen Pyramide entsprechen.

Betrachtet man eine nach der Basis, dem Makro- oder dem Brachypinakoid aus einem rhombischen Kristall geschliffene Platte zwischen

gekreuzten Nicols, so bemerkt man Auslöschung nach den beiden in der betreffenden Plattenebene liegenden kristallographischen Achsen (also nach a und b, b und c oder a und c). Eine Platte, welche der Fläche eines Prismas oder Domas parallel geht, löscht nach der der betreffenden Form zukommenden vertikalen oder horizontalen Kante und in der dazu senkrechten Richtung aus. Daraus geht hervor, daß die Lage der Auslöschungsrichtungen genau der Symmetrie des rhombischen Systems entspricht, indem sie zusammenfällt mit derjenigen Richtung (und mit der dazu senkrechten), in welcher die betreffende Kristallfläche von einem zu ihr senkrechten Hauptschnitt (bzw. einer Achsenebene) getroffen wird.

Auch das Verhalten monokliner Kristalle im polarisierten Lichte entspricht genau der Symmetrie des Kristallsystems. Infolgedessen liegen die Auslöschungsrichtungen einer Platte, die senkrecht zur Symmetrie-Ebene bzw. zum Klinopinakoid, sonst aber in beliebiger Richtung, geschliffen ist,

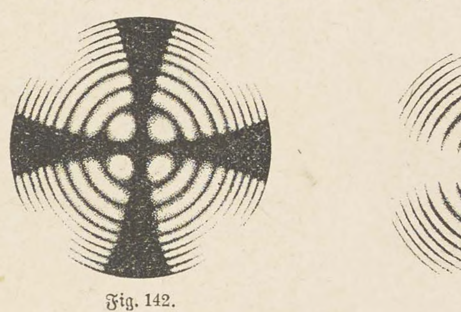


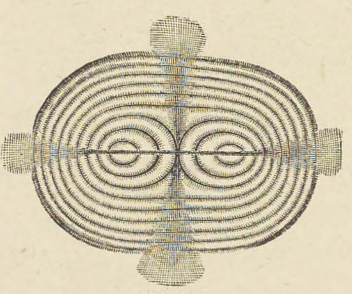
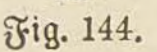
Fig. 142. Fig. 143

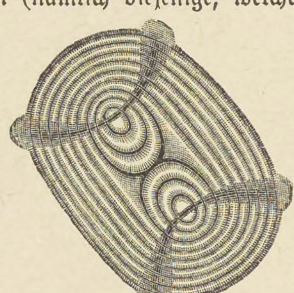
parallel und senkrecht zu derjenigen Linie, in welcher die Ebene der Platte vom Klinopinakoid geschnitten wird. Eine parallel zum Klinopinakoid geschliffene Platte zeigt hingegen sog. schiefe Auslöschung, und man muß für jeden einzelnen hierhingehörigen Körper den Winkel bestimmen, welchen eine Auslöschung mit der Vertikalachse bildet. Auch die Flächen der Prismen zeigen schiefe Auslöschung. Bei den Kristallen des triklinen Systems endlich zeigt eine Platte, sie möge, von welchem Paar paralleler Flächen es auch sei, gebildet werden, stets Auslöschungsrichtungen, die gegen die begrenzenden Kanten schief gelegen sind.

Eine aus einem (nichtregulären) Zwillingskristall hergestellte Platte zeigt auf den verschieden gerichteten Zwillingsteilen verschiedene Auslöschung und läßt so besonders deutlich ihre Zusammensetzung erkennen. Hiervon macht man bei der mikroskopischen Untersuchung der Kristalle und Gesteine wichtige Anwendung.

2. Beobachtung im konvergenten polarisierten Lichte. Legt man bei gekreuzten Nicols auf den Tisch des Instrumentes eine Platte eines

quadratischen oder hexagonalen Kristalls, welche parallel zur Basis, also senkrecht zur optischen Achse geschliffen ist, so bemerkt man beim Hineinblicken statt der Dunkelheit eine Interferenzfigur, welche aus einem schwarzen Kreuze und konzentrischen farbigen Ringen besteht (Fig. 142). Die Balken des Kreuzes gehen den Schwingungsrichtungen der beiden Nicols parallel, stehen also senkrecht zueinander. Man bezeichnet diese Figur als das optische Achsenbild. Stellt man die beiden Nicols parallel, so ist die Figur verändert; man bemerkt statt des dunkeln ein helles Kreuz, und die Ringe zeigen die zu den vorigen komplementären Farben (Fig. 143). Dreht man die Platte in ihrer Ebene, so bleiben die Interferenzfiguren unverändert. Werden von einem Kristall des rhombischen Systems Platten parallel zu den drei Pinakoiden geschnitten und in der Stellung betrachtet, daß ihre Auslöschungsrichtungen den Schwingungsrichtungen der gekreuzten Nicols parallel gehen, so zeigt eine derselben (nämlich diejenige, welche zu



Fig. 144.


Fig. 145.

der den spitzen Winkel der optischen Achsen halbierenden Linie senkrecht ist) ein Bild der optischen Achsen, etwa wie es Fig. 144 darstellt. Durch die Mitte des Gesichtsfeldes geht ein schwarzes Kreuz, dessen zwei gegenüberliegende Arme, welche der Ebene der optischen Achsen parallel sind, ungleich schmäler und schärfer begrenzt erscheinen als die senkrecht dazu stehenden, mehr verwaschenen. Die zwei beiderseits gleichweit von der Mitte des Gesichtsfeldes abstehenden Punkte, welche den in der Richtung je einer optischen Achse durch die Platte gehenden Strahlen entsprechen, sind von ovalen, bunten Ringen umgeben, die sich in weiterem Abstande zu je einer Kurve vereinigen. Diese krummen Linien werden Lemniskaten genannt. Jeder Ring bzw. jede Kurve besteht eigentlich aus mehreren verschiedenfarbigen, welche ein wenig gegeneinander verschoben sind. Dabei entspricht aber die Anordnung der verschiedenen Farben genau der Symmetrie der (stets holoedrisch gedachten) Fläche, d. h. das farbige Bild wird nach beiden Armen des dunkeln Kreuzes symmetrisch halbiert. Dreht man nun die Kristallplatte in ihrer eigenen Ebene um 45°, so ändern sich die Ringe

nicht, dagegen verwandeln sich die vorher geradlinigen Kreuzarme in zwei nach außen gekrümmte, durch die Achsenpunkte gehende Linien (Hyperbeln); man erhält das Bild Fig. 145.

Bei allen dem rhombischen System angehörigen Kristallen wird der spitze Winkel, welchen die optischen Achsen miteinander bilden, von einer der drei kristallographischen Achsen halbiert, die man deshalb als optische Mittellinie bezeichnet. Man beobachtet nun, wie schon bemerkt, das optische Achsenbild durch eine Platte, welche zu dieser Mittellinie senkrecht geschliffen ist.

Im monoklinen System fällt (nach S. 74) die Ebene der optischen Achsen entweder mit der Symmetrie-Ebene bzw. der Achsenebene ac zusammen, oder sie steht senkrecht darauf. Im ersteren Falle muß natürlich auch die optische Mittellinie in jener Ebene liegen (ohne indes zu den kristallographischen Achsen a und c eine vorher bestimmbare bzw. durch dieselben bedingte Lage zu besitzen); im zweiten Falle kann sie parallel der Orthodiagonale oder senkrecht zu derselben gerichtet sein, je nachdem nämlich der spitze Achsenwinkel nach rechts und links oder nach vorn und hinten liegt. Hiernach muß sich natürlich auch die Orientierung der Platte richten, durch welche man das optische Achsenbild sehen soll. Was die Anordnung der Farben in dem Achsenbilde monokliner Kristalle, wie man sie insbesondere an dem Saume der dunkeln Hyperbeln und an den inneren Farbenringen wahrnimmt, betrifft, so ist dieselbe nicht so regelmäßig wie bei den rhombischen Kristallen. Man unterscheidet in dieser Beziehung eine dreifache Art der Anordnung, entsprechend den drei oben genannten Fällen der Lage der optischen Mittellinie. Stets aber richtet sich die Art der Farbenanordnung genau nach den Symmetrieverhältnissen des (holoedrisch gedachten) monoklinen Systems bzw. der betreffenden Platte.

Das optische Achsenbild eines triklinen Kristalls endlich ist sowohl von demjenigen eines rhombischen wie auch von dem eines monoklinen wesentlich verschieden, indem die Farbenverteilung in demselben eine ganz unregelmäßige ist, wie es der Asymmetrie dieses Systems entspricht.

Zirkularpolarisation. Von besonderem Interesse ist das Verhalten des hexagonal und zwar trapezoedrisch-tetartoedrisch kristallisierenden Quarzes im polarisierten Lichte. Bringt man nämlich eine Platte desselben, welche senkrecht zur Hauptachse geschliffen ist, auf den Tisch eines zur Beobachtung im parallelen polarisierten Lichte eingerichteten Mikroskops, kreuzt die Nicols und blickt hindurch, so beobachtet man nicht, wie zu erwarten, Dunkelheit, sondern eine von der Dicke der Platte abhängige Farbe. Dreht man nun den oberen Nicol, so ändert sich die Farbe, und man beobachtet bei fortgesetzter Drehung der Reihe nach die verschiedenen Farben des Regen-

bogens. Hier aber zeigt sich ein wesentlicher Unterschied in dem Verhalten verschiedener bzw. verschiedenen Kristallen entnommener Platten. Bei gewissen bemerkt man die Farben in der Reihenfolge: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, wenn man den Analysator nach rechts dreht (wie sich der Zeiger der Uhr bewegt), bei den übrigen hingegen, wenn man denselben nach links dreht. Hieraus geht hervor, daß es zwei verschiedene Arten von Quarzkristallen gibt; dieselben unterscheiden sich auch, wie wir später sehen werden, hinsichtlich ihrer Kristallform, indem sie nämlich enantiomorphe Kombinationen zeigen. Man bezeichnet sie als rechte bzw. linke Kristalle.

Wendet man statt des gewöhnlichen Tageslichtes solches von bestimmter Farbe, z. B. das gelbe Licht einer Weingeistlampe, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist (Natriumlicht), zur Beleuchtung der Quarzplatte an, so findet man, daß dieselbe zwar zwischen gekreuzten Nicols gleichfalls hell erscheint, jedoch dunkel wird, wenn man den Analysator um einen bestimmten Winkel nach rechts oder nach links dreht, je nachdem der betreffende Kristall ein rechter oder linker ist. Hieraus schließt man, daß der Quarz die Eigenschaft habe, die Schwingungsrichtung eines polarisierten, ihn in der Richtung der Hauptachse durchlaufenden Strahles zu drehen, und zwar nach rechts, wenn er ein rechter, nach links, wenn er ein linker Kristall ist. Denn ebendeshalb muß man den Analysator um jenen Winkel aus der gekreuzten Stellung drehen, damit er nun den aus der Platte kommenden Strahl auslöschen könne. Je dicker die Platte ist, um so stärker die Drehung. Verschiedenfarbige Strahlen erleiden eine sehr verschiedene Drehung, und zwar die roten die kleinste, die violetten die größte. Daher kommt es, daß man im gewöhnlichen, aus den Regenbogenfarben zusammengesetzten Tageslichte bei keiner Drehung des Analysators Dunkelheit der Platte beobachtet. Denn die aus der Platte austretenden Strahlen ungleicher Farbe schwingen in ganz verschiedenen Richtungen, können also nicht alle zugleich durch den oberen Nicol ausgelöscht werden. Man bemerkt vielmehr der Reihe nach die verschiedenen Regenbogenfarben, von denen immer eine am meisten vom Analysator durchgelassen wird.

Die Eigenschaft der Quarzkristalle, die Schwingungsrichtung des polarisierten Lichtes zu drehen, bezeichnet man als Zirkularpolarisation und den Quarz selbst als zirkularpolarisierend. Diese Zirkularpolarisation findet nur in der Richtung der Hauptachse statt. Außer dem Quarz kennt man unter den Mineralien nur eines, welches ebenfalls die Erscheinung der Zirkularpolarisation zeigt. Dies ist der gleichfalls hexagonal trapezoedrisch-tetartoedrisch kristallisierende Zinnober.

b. Durchsichtigkeit. Die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit der Mineralien werden folgendermaßen bezeichnet:

1) Durchsichtig; man kann durch dickere Schichten des Minerals deutlich Gegenstände sehen, Schrift lesen. Ist das Mineral zugleich farblos, so nennt man es wasserhell (Doppelspat, Bergkristall).

2) Halbdurchsichtig; die Umrisse der Gegenstände sind durch das Mineral nicht mehr deutlich zu erkennen (Schwefel zuweilen).

3) Durchscheinend; das Mineral läßt nur einen Lichtschein wahrnehmen (Chalcedon).

4) Kantendurchscheinend; das Mineral läßt nur an den Kanten oder in Splittern eine geringe Menge von Licht durch (Feuerstein).

5) Undurchsichtig; das Mineral läßt selbst an den Kanten oder in Splittern gar kein Licht mehr durch (Magneteisenerz, Bleiglanz).

Ein und dasselbe Mineral kann in verschiedenen Varietäten sehr verschiedene Grade der Durchsichtigkeit zeigen, z. B. Kalkspat und Kalkstein. Von größtem Einflusse auf die Durchsichtigkeit ist jedoch die Dicke des betreffenden Stückes. Viele Mineralien, welche für gewöhnlich fast oder ganz undurchsichtig erscheinen, werden in sehr dünnen Schichten durchsichtig oder durchscheinend.

Hier sei erwähnt, daß die Mineralien für Röntgenstrahlen in verschiedenem Grade durchläßig sind, am wenigsten solche, die schwere Metalle enthalten. Als besonders durchläßig erweist sich der Diamant und kann dadurch von schwere Metalle enthaltenden Nachahmungen, wie bleihaltige Glasflüsse, unterschieden werden.

c. Glanz. Der Glanz eines Minerals beruht auf der spiegelnden Reflexion des Lichtes an seiner mehr oder weniger glatten Oberfläche, verbunden mit der durch den betreffenden Körper bewirkten Zerstreuung des Lichtes. Man spricht von Stärke und Art des Glanzes. Wichtiger als die oft sehr wechselnde Stärke ist die Art desselben. Man unterscheidet in dieser Hinsicht: Metallglanz (Bleiglanz, Schwefelkies), Diamantglanz (Diamant, Zinkblende), Glasglanz (Quarz, Schwerspat), Fettglanz (Schwefel), Perlmutterglanz (Gips, Glimmer), Seidenglanz (Asbest, Fasergips).

Die häufigste Art des Glanzes ist der Glasglanz.

Perlmutterglanz ist hauptsächlich solchen Kristallflächen eigen, welchen eine sehr vollkommene Spaltbarkeit parallel geht; Seidenglanz zeigen namentlich feinfaserige Mineralien.

Häufig besitzt ein Mineral je nach der mehr oder weniger vollkommenen Beschaffenheit seiner Kristallflächen verschiedene Arten des Glanzes. So weist der Schwefel außer Fettglanz mitunter Diamantglanz auf. Auch ungleichwertige Flächen eines Kristalls können verschiedenen Glanz besitzen. So zeigt z. B. der Apophyllit auf den Prismenflächen Glasglanz, auf 0P hingegen Perlmutterglanz.

Mineralien, welche gar keinen Glanz erkennen lassen, bezeichnet man als matt, z. B. Kaolin, Kreide.

d. Farbe. Manche Mineralien zeigen stets dieselbe Farbe und sind niemals farblos. Sie besitzen eine ihnen eigentümliche Farbe (Eigenfarbe), z. B. Gold, Malachit, Schwefel. Andere treten in verschiedenen Farben auf, können aber auch farblos vorkommen. Es ist ihnen also keine bestimmte Farbe eigentümlich, sondern ihre etwaige Färbung beruht auf fremden, oft nur in ganz geringer Menge vorhandenen Beimengungen (Flußspat, Sapphir, Rubin). Als färbende anorganische Stoffe treten hauptsächlich Eisen-, Mangan- und Chromverbindungen auf, und zwar färben Eisenverbindungen gelb, braun, grün, rot, Manganverbindungen violett oder rötlich, Chromverbindungen rot, grün, gelb. Auch Nickel- und Kupferverbindungen bewirken in kleinen Mengen die Färbung gewisser Mineralien. Zuweilen besteht der Farbstoff wohl aus einer organischen Substanz, wie beim Flußspat. Doch konnte man hier wie bei manchen andern Mineralien die Natur des färbenden Stoffes noch nicht bestimmt ermitteln. Häufig ist die beobachtete Farbe zwar der im Mineral vorherrschenden Substanz fremd, doch ist der letzteren farbige Substanz von analoger chemischer Zusammensetzung und gleicher Kristallform beigemischt (isomorphe Mischung, s. Isomorphie). Farblos erscheinen z. B. häufig Steinsalz, Kalkspat, Quarz, Gips, Adular. Farblose Mineralien geben zu Pulver gestoßen undurchsichtiges Weiß.

Man trennt die metallischen Farben von den nichtmetallischen und unterscheidet bei den ersteren

Rote: kupferrot; gelbe: bronzegelb, messinggelb, goldgelb, speisgelb; braune: tombakbraun; weiße: silberweiß, zinnweiß; graue: stahlgrau, bleigrau; schwarze: eisenschwarz.

Die nichtmetallischen Farben werden unter die acht Abteilungen weiß, grau, schwarz, blau, grün, gelb, rot und braun gebracht, wobei als einige wichtige Varietäten folgende, nach gefärbten Gegenständen benannte hervorzuheben sind: schneeweiß; rauchgrau; pechschwarz; lasurblau, himmelblau; spargelgrün, spangrün, lauchgrün, smaragdgrün; weingelb, zitronengelb, honiggelb; ziegelrot, kirschrot, blutrot, karminrot, scharlachrot; leberbraun, kastanienbraun. Häufig finden sich u. a. folgende Übergangsfarben: graulich-weiß, grünlich-weiß, gelblich-weiß, rötlich-weiß; bräunlich-schwarz; gelblich-grün; bräunlich-rot; gelblich-braun.

Bisweilen besteht ein Kristall aus Schichten oder Teilen verschiedener Färbung (Flußspat, Turmalin, Diopsid). An kristallinischen Mineralien kann man manchmal verschiedene Farbenzeichnungen wahrnehmen, welche auf die Art ihrer Bildung oder auf spätere Veränderungen zurückzuführen sind; man bezeichnet sie als punktiert, gefleckt, geadert, gestreift, gebändert usw.

Gewisse Mineralien können infolge einer durch die Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit verursachten Veränderung auf ihrer Oberfläche anders, namentlich dunkler gefärbt sein als im Innern (Eisenspat, Manganspat). Zuweilen erscheint ein Mineral schön farbig angelaufen (Eisenglanz, Bleiglanz, brauner Glaskopf), wobei die veränderte Schicht äußerst dünn ist. Einige, sowohl eigenfarbige als gefärbte Mineralien verändern oder verlieren ihre Farbe schon, wenn sie längere Zeit dem Lichte ausgesetzt werden, z. B. Realgar, Rotgiltigerz, — Rosenquarz, mancher Topas. Flußspat und blaues Steinsalz entfärben sich beim Erhitzen.

e. Strich. Die Farbe des Pulvers, welches man durch Streichen eines Minerals über eine weiße rauhe Fläche, z. B. eine Platte von Porzellan-Biskuit, erhält, nennt man den Strich desselben. Während nun farblose Mineralien einen weißen und gefärbte meist einen weißen oder schmutzigweißen Strich zeigen, kommt den eigenfarbigen ein Strich von bestimmter Farbe zu, welcher zu den Eigentümlichkeiten derselben gehört. Bei vielen eigenfarbigen Mineralien weicht der Strich mehr oder weniger von der Farbe des Minerals ab. So zeigt z. B. der messinggelbe Kupferkies einen grünlichschwarzen, der speisgelbe Schwefelkies einen bräunlichschwarzen Strich.

f. Pleochroismus. Manche doppeltbrechende Kristalle zeigen im durchfallenden Lichte nach verschiedenen Richtungen deutlich eine verschiedene Farbe oder eine abweichende Intensität derselben Farbe. Gehören sie zu den optisch einachsigen, so sind wesentlich zwei Farben oder Farbentöne (Grundfarben) zu unterscheiden (Dichroismus — bei gewissen Varietäten des Apatits, Turmalins); gehören sie hingegen zu den optisch zweiachsigen, so treten drei Farben oder Farbentöne auf (Trichroismus — beim Cordierit, der Hornblende, dem Axinit). Betrachtet man einen kleinen pleochroitischen Kristall im durchfallenden Lichte und von verschiedenen Seiten durch ein Stück isländischen Doppelspats, so treten die verschiedenen Farben paarweise an den beiden durch die Doppelbrechung entstehenden Bildern auf (dichroskopische Lupe). — Der Pleochroismus rührt davon her, daß in den doppeltbrechenden Kristallen die beiden Strahlen, in welche der einfallende Strahl zerlegt wird, eine ungleiche Absorption erfahren. Bei gewissen Turmalinkristallen ist dieser Unterschied so groß, daß eine etwas dickere, parallel zur Hauptachse geschliffene Platte den ordentlichen Strahl ganz verschluckt und nur den außerordentlichen zum Teil hindurchläßt. Man benutzte deshalb früher solche Platten zu Beobachtungen im polarisierten Lichte (Turmalinzange).

g. Farbenschiller nennt man die an einzelnen Mineralien zu beobachtende Erscheinung, daß dieselben nach gewissen Richtungen innere

farbige Lichtreflexe zeigen. Ein deutlicher buntfarbiger Schiller kommt am Labradorit vor; gewisse Varietäten des Adulars zeigen nach bestimmten Richtungen einen bläulichen Lichtschein (Mondstein).

Ein prachtvolles buntes Farbenspiel zeichnet den weißlich gefärbten edlen Opal aus (Opalisieren).

Unter Irisieren versteht man die namentlich an deutlich spaltbaren Mineralien auftretende Erscheinung, daß sich in gewissen Richtungen bogenförmig verlaufende Zonen mit den Farben dünner Blättchen (Regenbogenfarben) wahrnehmen lassen. Das Irisieren ist auf das Vorhandensein sehr feiner Klüfte und Spalten zurückzuführen.

h. Fluoreszenz. Man versteht darunter die wohl zuerst am Flußspat (Fluorit) wahrgenommene Eigenschaft, daß ein (durchsichtiger) Körper im auffallenden (am besten direkten) Sonnenlichte eine andere Farbe zeigt als im durchfallenden Lichte. Gewisse Flußspatkristalle erscheinen im auffallenden Lichte prächtig blau, im durchfallenden grün. Deutliche Fluoreszenz kommt im Mineralreiche nur selten vor.

i. Phosphoreszenz. Manche Mineralien leuchten im Dunkeln eine kurze Zeit, wenn sie vorher entweder 1. dem Sonnenlichte ausgesetzt oder 2. erwärmt wurden oder wenn sie 3. einer mechanischen Einwirkung (wie Reiben, Zerbrechen, Spalten) unterworfen wurden. Der Name Phosphoreszenz soll an das Leuchten des Phosphors im Dunkeln erinnern, obgleich die erwähnten Erscheinungen in der Regel von keiner Substanzveränderung, wie sie beim Phosphor stattfindet, begleitet sind.

Beispiele: 1. Gewisse Diamanten leuchten, kurze Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt, im Dunkeln, desgleichen der grüne Flußspat (Chlorophan), Kalkspat, Aragonit (viele Mineralien zeigen auch ein Aufleuchten unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen).

2. Manche Topase, Diamanten und Flußspate werden schon durch die Wärme der Hand leuchtend; andere Varietäten der genannten Arten sowie gewisse Mineralien, z. B. Kalkspat, müssen ziemlich stark (auf etwa 100 bis 200° und höher) erhitzt werden, um zu phosphoreszieren.

3. Gewisse Varietäten der Zinkblende (z. B. von Kapnik) leuchten, wenn sie mit dem Messer geschabt werden; Quarzkristalle, aneinander gerieben, zeigen Funken, desgleichen Glimmerblättchen, welche heftig nach der Spaltungsrichtung zerrissen werden. Dolomit und Marmor leuchten beim Zerklopfen im Dunkeln.

Die Versuche müssen im finstern Zimmer angestellt werden, da die Lichtentwicklung oft nur sehr schwach ist.

4. Thermische Eigenschaften.

a. Wärmestrahlung. Die Wärmestrahlen werden in ganz ähnlicher Weise wie die Lichtstrahlen an den Flächen der Kristalle reflektiert oder beim Eintritt in die Kristalle gebrochen. Wichtiger ist das Vermögen gewisser Kristalle, die Wärmestrahlen durchzulassen oder zurückzuhalten. Man unterscheidet hiernach diathermane und athermane Mineralien. Zu den diathermanen gehört vor allem das Steinsalz. Auch dunkler, fast undurchsichtiger Bergkristall ist diatherman, woraus hervorgeht, daß diese Eigenschaft nicht von der Durchsichtigkeit des betreffenden Körpers abhängt. Atherman sind z. B. Alaun und Eis.

b. Wärmeleitung. Hinsichtlich der Fähigkeit, die Wärme zu leiten, lassen sich bei den verschiedenen Mineralien wesentliche Unterschiede erkennen. Selbst in einem und demselben Kristall (ausgenommen in einem regulären) wird die Wärme nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Geschwindigkeit fortgeleitet. Überzieht man eine dünne Gipsspaltungsplatte auf einer Seite mit Wachs, hält dann eine eiserne glühende Spitze an die unbedeckte Seite der Platte, so bildet sich in der Wachsschicht eine zierliche Schmelzellipse, deren Form die nach verschiedenen Richtungen ungleiche Leitungsfähigkeit deutlich erkennen läßt. Der Bergkristall besitzt in der Richtung seiner Hauptachse ein Wärmeleitungsvermögen, welches nur von demjenigen weniger Metalle übertroffen wird. Man bemerkt dies schon, wenn man Bergkristallprismen mit einem Ende ins Feuer hält. Die besten Wärmeleiter sind gediegenes Silber und gediegenes Kupfer, weniger gute z. B. Topas, Quarz, Kalkspat; schlechte Bernstein, Kohle. Da sich von zwei Körpern der bessere Leiter kälter anfühlt, so kann man hierdurch Bergkristall und Edelsteine von Glasflüssen, welche die Wärme schlechter leiten, unterscheiden.

c. Ausdehnung durch Wärme. Wird ein Kristall erwärmt, so dehnt er sich im allgemeinen nach verschiedenen Richtungen verschieden stark aus. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Kristalle des regulären Systems, bei welchen die Ausdehnung nach allen Richtungen die gleiche ist. Daher kommt es auch, daß die Winkel der regulären Kristalle hierbei keine Veränderung erleiden, während die Kristalle der andern Systeme bei der Ausdehnung durch Wärme an gewissen (im triklinen System an allen) Winkeln, wenn auch unbedeutende Veränderungen zeigen. Unverändert bleiben jedoch stets solche Winkel, deren Veränderung eine Störung der Symmetrieverhältnisse der betreffenden Kristalle nach sich ziehen würde. Unverändert bleiben ferner stets die Zonenverhältnisse, indem alle vorher parallelen Kanten auch noch nach Erhöhung der Temperatur parallel sind (Gesetz der Erhaltung der Symmetrie und der Zonen). Was für die Aus-

dehnung durch Wärme gilt, gilt natürlich auch für den umgekehrten Vorgang bei Abkühlung der Kristalle.

Gewisse Kristalle zeigen ein merkwürdiges Verhalten insofern, als sie sich beim Erwärmen nach gewissen Richtungen ausdehnen, nach andern jedoch zusammenziehen. So dehnt sich z. B. ein Kalkspatkristall, wenn die Temperatur steigt, in der Richtung der Hauptachse aus, während er sich in den dazu senkrechten Richtungen zusammenzieht. Der Polkantenwinkel seines Spaltungsrhomboeders +R nimmt von 10° bis 110° um etwa neun Minuten ab, das Rhomboeder wird also spitzer.

5. Elektrische Eigenschaften.

Die Mineralien können durch Reibung, Druck oder Erwärmung elektrisch werden. Ist das betreffende Mineral ein Leiter der Elektrizität, so muß dasselbe, wenn man elektrische Erscheinungen an ihm beobachten will, isoliert sein.

1. Alle Mineralien werden durch Reibung elektrisch; ob sie dabei positive oder negative Elektrizität zeigen, hängt oft von zufälligen Umständen, wie z. B. von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche oder auch von der Natur des Körpers ab, womit sie gerieben werden (Bernstein, Schwefel, Diamant, Quarz).

2. Manche Mineralien werden durch Druck elektrisch. Eine Spaltungsplatte von Doppelspat wird schon durch Druck zwischen den Fingern positiv elektrisch. In weit geringerem Grade besitzen diese Eigenschaft Topas, Aragonit, Flußspat u. a.

3. Pyroelektrizität. Die Kristalle vieler Mineralien zeigen beim Erwärmen (bzw. Abkühlen) beide Arten der Elektrizität, und zwar verteilt auf verschiedene Flächen und Kanten oder auf die beiden entgegengesetzten Enden einer Achse. Bei der Abkühlung tritt die umgekehrte Verteilung der beiden Elektrizitäten ein wie beim Erwärmen. Zuerst wurde die Pyroelektrizität am Turmalin („Aschenzieher", weil er, ins Feuer geworfen, die Asche anzieht) beobachtet; seine Kristalle erweisen sich, entsprechend ihrer hemimorphen Ausbildung, beim Erwärmen an den beiden Enden der Hauptachse entgegengesetzt (polar-) elektrisch. Ganz analog verhalten sich sämtliche Kristalle, welche einer Hemimorphie unterliegen (s. S. 37).

Beim Bestäuben eines pyroelektrischen Kristalls mit einer pulverigen Mischung von Schwefel und Mennige — wobei ersterer negativ, letztere positiv elektrisch wird — bedecken sich die positiv elektrischen Teile mit Schwefel, die negativ elektrischen mit Mennige, wodurch die Verteilung beider Elektrizitäten deutlich hervortritt (Kundtsches Bestäubungsverfahren).

Einige Mineralien sind gute Leiter der Elektrizität, z. B. gediegenes Silber, Kupfer, Gold, ferner die Schwefelmetalle wie Schwefelkies, Kupfer-

kies, Kobaltglanz, endlich Graphit. *Schlechte Leiter* der Elektrizität sind z. B. Bernstein, Schwefel, Diamant, ferner Quarz, Glimmer, Feldspat.

6. Magnetische Eigenschaften.

Gewisse Mineralien besitzen *einfachen* Magnetismus, d. h. sie werden vom Magneten angezogen, üben aber selbst auf Eisenteilchen keine Anziehung aus, z. B. Meteoreisen, Magnetkies und andere Mineralien mit bedeutendem Eisengehalte. Nur einzelne Mineralien zeigen bisweilen *polaren* Magnetismus, d. h. sie verhalten sich wie ein wirklicher Magnet, ziehen Eisenteilchen an und wirken stellenweise auf einen Pol der Magnetnadel anziehend, auf den andern abstoßend. Diese Eigenschaft zeigt hauptsächlich das dichte Magneteisenerz, und zwar dann, wenn es einige Zeit der Verwitterung ausgesetzt war. Auch das Platin besitzt bisweilen polaren Magnetismus.

III. Chemische Eigenschaften der Mineralien.

Die Mineralien sind entweder chemisch einfache Stoffe (Grundstoffe, Elemente) oder sie bestehen aus zwei oder mehreren zu einer neuen gleichartigen Substanz verbundenen Elementen. Die betreffenden Elemente sind entweder Metalloide oder Metalle. Die wichtigsten für die Mineralien in Betracht kommenden anorganischen Verbindungen sind die *Oxyde* (der Metalloide und der Metalle), die *Säuren* und *Hydroxyde*, die *Sulfide* (der Metalloide und der Metalle), die *Sulfosalze*, endlich die *Haloid*= und die *Sauerstoff*= oder *Oxysalze*. Die Salze enthalten oft noch *Kristallwasser*, welches entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur an trockener Luft oder bei mäßigem Erhitzen entweicht. Weitere Bemerkungen über die sog. chemische Konstitution der einzelnen Mineralien sollen eventuell im speziellen Teile gemacht werden.

Die folgende Tabelle enthält diejenigen Elemente, welche als Hauptbestandteile in den im speziellen Teile behandelten Mineralien auftreten, nebst ihrem Symbol und dem auf 0,5 bzw. die Einheit abgerundeten Atomgewicht (bezogen auf H = 1).

Name.	Symbol.	Atomgewicht.	Name.	Symbol.	Atomgewicht.
Aluminium	Al	27	Calcium	Ca	40
Antimon	Sb	119	Cerium	Ce	139
Arsen	As	74,5	Chlor	Cl	35
Baryum	Ba	136,5	Chrom	Cr	51,5
Beryllium	Be	9	Eisen	Fe	55,5
Blei	Pb	205,5	Fluor	F	19
Bor	B	11	Gold	Au	195,5

Name.	Symbol.	Atomgewicht.	Name.	Symbol.	Atomgewicht.
Iridium	Ir	191,5	Radium	Ra	224
Kadmium	Cd	111,5	Rhodium	Rh	102
Kalium	K	39	Ruthenium	Ru	101
Kobalt	Co	58,5	Sauerstoff	O	16
Kohlenstoff	C	12	Schwefel	S	32
Kupfer	Cu	63	Silber	Ag	107
Lanthan	La	138	Silicium	Si	28
Lithium	Li	7	Stickstoff	N	14
Magnesium	Mg	24	Strontium	Sr	87
Mangan	Mn	54,5	Thorium	Th	230,5
Molybdän	Mo	95	Titan	Ti	47,5
Natrium	Na	23	Uran	U	236,5
Nickel	Ni	58	Wasserstoff	H	1
Osmium	Os	189,5	Wismut	Bi	206,5
Palladium	Pd	106	Wolfram	W	182,5
Phosphor	P	31	Zink	Zn	65
Platin	Pt	193,5	Zinn	Sn	118
Quecksilber	Hg	199	Zirkonium	Zr	90

Heteromorphie (Polymorphie). Jede Substanz (Element oder Verbindung) zeigt, falls sie stets unter genau denselben Bedingungen kristallisiert, immer die nämliche Kristallform oder doch nur solche Formen, welche demselben Achsenverhältnis entsprechen. Ändern sich jedoch die Bedingungen, unter welchen die Kristallisation stattfindet, so kann dieselbe Substanz auch in ganz neuen, von der ersten wesentlich verschiedenen Formen auftreten. So kristallisiert z. B. der Schwefel aus einer Lösung in Schwefelkohlenstoff in Formen des rhombischen, beim Erstarren aus dem geschmolzenen Zustande in solchen des monoklinen Systems. Indes können die beiden verschiedenen Formenreihen auch ein und demselben System angehören, wobei sie jedoch nicht auf das nämliche Achsenverhältnis zurückzuführen sind. Mit dieser Verschiedenheit der Kristallform einer Substanz ist stets eine Abweichung in den physikalischen Eigenschaften, z. B. dem spezifischen Gewichte, verbunden, so daß man im Grunde genommen zwei gänzlich verschiedene Körper vor sich hat. Bei einigen Substanzen wurde sogar das Auftreten in drei wesentlich verschiedenen Kristallformen beobachtet. Man nennt diese Erscheinung im allgemeinen Heteromorphie (ἕτερος, verschieden) oder Polymorphie; besondere Fälle davon sind die Dimorphie und die Trimorphie. Es ist wahrscheinlich, daß jede Substanz in mehr als einer Kristallform bzw. Formenreihe auftreten kann, wenn dies auch bis jetzt nur für gewisse Substanzen erwiesen ist. Unter den Mineralien begegnen uns viele interessante Beispiele von Heteromorphie; einige sind im folgenden angeführt.

Kohlenstoff C: regulär als Diamant (spezifisches Gewicht = 3,52); hexagonal als Graphit (spezifisches Gewicht = 2,25).

Eisendisulfid FeS_2: regulär als Schwefelkies (spezifisches Gewicht = 5,1); rhombisch als Markasit (spezifisches Gewicht = 4,8).

Antimontrioxyd Sb_2O_3: regulär als Senarmontit (spezifisches Gewicht = 5,3; rhombisch als Weißspießglanz (spezifisches Gewicht = 5,6).

Arsentrioxyd As_2O_3: regulär als Arsenikblüte (spezifisches Gewicht = 3,7); monoklin als Claudetit (spezifisches Gewicht = 3,85).

Calciumkarbonat $CaCO_3$: hexagonal als Kalkspat (spezifisches Gewicht = 2,7); rhombisch als Aragonit (spezifisches Gewicht = 2,9).

Titandioxyd TiO_2: quadratisch als Rutil (a : c = 1 : 0,6142; spezifisches Gewicht = 4,25); gleichfalls quadratisch als Anatas (a : c = 1 : 1,7777; spezifisches Gewicht = 3,89); rhombisch als Brookit (spezifisches Gewicht = 3,97).

Nach obigem ist z. B. der kohlensaure Kalk als dimorph, das Titandioxyd als trimorph zu bezeichnen.

Von den verschiedenen Modifikationen eines dimorphen oder polymorphen Stoffes ist jede einzelne unter bestimmten äußeren Verhältnissen, wie Temperatur und Druck, die beständigere oder stabile, während die andern Modifikationen dabei die weniger beständigen oder labilen sind. Doch schließt dies nicht aus, daß auch eine labile Modifikation sich neben einer stabilen bilden oder doch mit ihr zusammen vorkommen kann, wie dies z. B. bei den oben angeführten Kalkspat und Aragonit oder bei Anatas, Rutil und Brookit der Fall ist. Dies kann die Folge der während der Bildung derselben sich ändernden Verhältnisse sein, oder es ist auf eine gewisse Trägheit des Überganges aus einer vorher entstandenen, jetzt labilen Modifikation in die nunmehr stabile zurückzuführen. Im allgemeinen findet der Übergang einer Modifikation A in eine andere B bei einer bestimmten Temperatur (Umwandlungspunkt) statt, bei deren Überschreitung A in B und umgekehrt B in A übergeht (Enantiotropie). So geht der rhombische (bei 114° C schmelzende) Schwefel schon bei 96° in die monokline Modifikation über, während der umgekehrte Vorgang beim Sinken der Temperatur unter 96° stattfindet. Solche Übergänge lassen sich mit Hilfe des mit einer kleinen Heizflamme versehenen Kristallisationsmikroskops schön beobachten. — Daß auch die Mimesie in manchen Fällen mit einer Art von Dimorphie (mit einem Umwandlungspunkt und Enantiotropie) verbunden ist, wurde schon S. 57 erwähnt.

Isomorphie. Wenn die Heteromorphie zu der Ansicht führen könnte, daß die Kristallform von der Substanz unabhängig sei, indem ein und dieselbe Substanz in ganz verschiedenen Formen bzw. Formenreihen auftreten kann, so weist eine andere nicht minder wichtige Erscheinung aufs bestimmteste darauf hin, daß zwischen der Substanz oder der chemischen Zusammensetzung eines Minerals und seiner Kristallform die innigste Beziehung besteht. Es zeigen nämlich sehr häufig verschiedene Substanzen

von analoger chemischer Zusammensetzung oder, falls es Elemente sind, von ähnlichem chemischem Verhalten eine genaue oder fast genaue Übereinstimmung ihrer Kristallform. Man nennt solche Mineralien isomorph (gleichgestaltet) und die Erscheinung selbst Isomorphie.

Vollkommene Isomorphie, d. h. eine absolute Übereinstimmung in den von den entsprechenden Flächen gebildeten Winkeln, findet sich nur bei regulär kristallisierenden Mineralien, bei denen es ja auch überhaupt keine Verschiedenheit des Achsenverhältnisses geben kann. Hier ist es deshalb oft von Wichtigkeit, auf den Charakter des Kristallsystems, d. h. ob die Formen holoedrisch oder (und zwar nach welchem Gesetze) hemiedrisch ausgebildet sind, ferner auf die Art der Spaltbarkeit zu achten, wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, ob zwei Mineralien in der Tat isomorph sind. Unzweifelhaft isomorph sind z. B. Spinell ($MgAl_2O_4$) und Magneteisenerz ($FeFe_2O_4$) sowie die pyritoedrisch-hemiedrischen Schwefelkies (FeS_2) und Mangankies (MnS_2).

In den übrigen Kristallsystemen zeigen die isomorphen Körper keine absolute, sondern, entsprechend den etwas abweichenden Achsenverhältnissen, nur sehr nahe oder nahe Übereinstimmung in ihren Winkeln; man hat sie deshalb auch wohl richtiger als homöomorph (ähnlich gestaltet) bezeichnet. Ein Beispiel mag dies erläutern. Isomorph sind Kalkspat ($CaCO_3$), Magnesit ($MgCO_3$), Eisenspat ($FeCO_3$), Manganspat ($MnCO_3$) und Zinkspat ($ZnCO_3$), und zwar kristallisieren sie sämtlich rhomboedrisch-hemiedrisch. Nun beträgt der Polkantenwinkel des Grundrhomboeders $+R$ beim

Kalkspat	105° 5′
Magnesit	107° 20′
Eisenspat	107°
Manganspat	107° 2′
Zinkspat	107° 40′.

Weitere Gruppen isomorpher Mineralien sind im folgenden aufgeführt:

Korund (Al_2O_3) und Eisenglanz (Fe_2O_3): rhomboedrisch-hemiedrisch.

Arsen (As), Antimon (Sb) und Wismut (Bi): rhomboedrisch-hemiedrisch.

Apatit ($Ca_5F[PO_4]_3$), Pyromorphit ($Pb_5Cl[PO_4]_3$) und Mimetesit ($Pb_5Cl[AsO_4]_3$): hexagonal mit pyramidaler Hemiedrie.

Zinnstein (SnO_2), Rutil (TiO_2) und Zirkon ($ZrO_2 + SiO_2$): quadratisch.

Aragonit ($CaCO_3$), Witherit ($BaCO_3$), Strontianit ($SrCO_3$) und Weißbleierz ($PbCO_3$): rhombisch.

Schwerspat ($BaSO_4$), Cölestin ($SrSO_4$) und Anglesit ($PbSO_4$): rhombisch.

Bittersalz ($MgSO_4 + 7H_2O$) und Zinkvitriol ($ZnSO_4 + 7H_2O$): rhombisch mit sphenoidischer Hemiedrie.

Isomorphe Substanzen besitzen die Fähigkeit, zusammenzukristallisieren und dabei (als sog. isomorphe Mischungen) gemeinschaftlich in wechselnden Verhältnissen homogene, d. i. aus gleichartiger Masse bestehende Kristalle aufzubauen. Die physikalischen Eigenschaften solcher Mischkristalle, wie z. B. ihr spezifisches Gewicht und meist auch ihr optisches Verhalten, stehen in nächster Beziehung zu ihrer Zusammensetzung, d. h. sie ergeben sich aus dem Verhältnisse, in welchem die betreffenden isomorphen Substanzen in den Kristallen gemischt sind. Auch wächst ein Kristall in der Lösung einer isomorphen wie in der seiner eigenen Substanz weiter. Hängt man einen Kristall von dunkel weinrotem Kalium-Chrom-Alaun (regulär) in eine gesättigte Lösung von farblosem Kalium-Aluminium-Alaun, so nimmt er darin, wie in einer Lösung seiner eigenen Substanz, zu.

Merkwürdigerweise zeigen auch manchmal zwei Mineralien eine auffallende Übereinstimmung ihrer Kristallform, ohne daß sich bei ihnen eine eigentliche analoge chemische Zusammensetzung erkennen läßt. So sind z B. anscheinend isomorph: Aragonit ($CaCO_3$) und Kalisalpeter (KNO_3), — Kalkspat ($CaCO_3$) und Natronsalpeter ($NaNO_3$), obgleich Ca zweiwertig, K und Na hingegen einwertig, ferner die Kohlensäure zweibasisch, die Salpetersäure aber einbasisch ist. Ja ein Spaltungsstück von Kalkspat wächst in einer gesättigten Lösung von Natronsalpeter wie in seiner eigenen Substanz fort. Es fällt jedoch auf, daß sowohl bei Aragonit und Kalisalpeter als auch bei Kalkspat und Natronsalpeter die Anzahl der im Molekül enthaltenen Atome wie auch die Summe der vorhandenen Wertigkeiten (wenn N als fünfwertig betrachtet wird) dieselbe ist. Man kann also hier gleichsam von Isomorphie im weiteren Sinne reden. Eine solche Isomorphie wird, wie wir später sehen werden, namentlich bei gewissen Silikaten von nur teilweise analoger Zusammensetzung angenommen.

Zuweilen sind zwei (oder mehrere) Substanzen von analoger chemischer Zusammensetzung durch doppelte Isomorphie verbunden, indem dieselben dimorph sind und dabei in den einzelnen Formenreihen, in welchen sie auftreten, übereinstimmen. Derartige Substanzen nennt man isodimorph.

Ein Beispiel von Isodimorphie liefern die Sulfate $MgSO_4 + 7H_2O$ und $FeSO_4 + 7H_2O$, welche beide dimorph (rhombisch und monoklin) und dabei isomorph sind. Für das erstere Salz ist die rhombische, für das andere die monokline Modifikation unter gewöhnlichen Verhältnissen die stabile. — Unter den Mineralien finden sich nur wenig deutliche Fälle von Isodimorphie, doch ist eine solche zuweilen dadurch angedeutet, daß sich an die beiden Modifikationen einer dimorphen Substanz je eine Reihe anderer, damit isomorpher Mineralien anschließt, während bei letzteren die entsprechenden Vertreter der zweiten Modifikation noch nicht beobachtet wurden. So schließen sich bei $CaCO_3$ an den rhomboedrisch-hemiedrischen Kalkspat einerseits die damit isomorphen Magnesit, Eisen-, Mangan- und Zinkspat, an den rhombischen Aragonit anderseits die mit ihm isomorphen Strontianit, Witherit und Weißbleierz (S. 90) an. Dies führt auf die Vermutung, daß die Substanz der ersteren unter

günstigen Umständen auch rhombisch, die der letzteren auch rhomboedrisch-hemiedrisch kristallisieren könnte, wenngleich solche Mineralien noch nicht gefunden wurden, daß also die Existenz einer vollständigen isodimorphen Reihe dieser Karbonate als wahrscheinlich anzunehmen sei.

Von großer Bedeutung für die Kenntnis der chemischen Konstitution der Mineralien ist die Tatsache, daß isomorphe Elemente oder Verbindungen sich gegenseitig in den Kristallen in wechselnden (nicht durch einfache Multipla der Verbindungsgewichte ausdrückbaren) Verhältnissen ersetzen oder vertreten können. Es beruht dies auf der schon erwähnten Fähigkeit isomorpher Substanzen, zu homogenen Individuen zusammenzukristallisieren. Auf die hierdurch bedingte Verschiedenheit in der qualitativen und quantitativen chemischen Zusammensetzung und die damit verbundene geringere oder größere Abweichung in den physikalischen Eigenschaften bei gleichbleibender Kristallform ist die oft große Zahl der bei manchen Mineralarten zu unterscheidenden Varietäten zurückzuführen. Die chemischen Formeln solcher Varietäten bleiben jedoch untereinander sowie denen der einzelnen Bestandteile vollkommen analog. So finden sich z. B. Kalkspatkristalle, welche als isomorphe Mischungen von Calciumkarbonat ($CaCO_3$) mit verhältnismäßig geringen Mengen von Magnesiumkarbonat ($MgCO_3$) und Ferrokarbonat ($FeCO_3$) zu betrachten sind und in ihren physikalischen Eigenschaften nur wenig vom reinen Kalkspat abweichen. Sie lassen sich hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sämtlich durch die allgemeine Formel $(Ca, Mg, Fe)CO_3$ darstellen, wobei die eingeklammerten Mengen von Calcium, Magnesium und Eisen zusammen soviel betragen, wie nötig ist, um die beiden Wasserstoffatome in dem Molekül H_2CO_3 (Kohlensäure) zu ersetzen. In andern Fällen zeigen freilich derartige auf isomorpher Mischung beruhende Varietäten einer Mineralart bedeutendere Verschiedenheiten in ihren physikalischen Eigenschaften, wie im spezifischen Gewicht, in der Farbe usw., wofür z. B. die verschiedenen Varietäten des Granats deutliche Belege liefern.

Hat man es mit einer isomorphen Mischung zweier oder mehrerer Substanzen zu tun, welche einzeln als selbständige Mineralarten auftreten, so ist es häufig je nach dem Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile schwer, sich für die Zugehörigkeit jener Mischung zu einer oder der andern Mineralart zu entscheiden.

Die chemische Prüfung der Mineralien bezweckt die Ermittelung der qualitativen Zusammensetzung derselben, d. h. der in ihnen enthaltenen Elemente. Man bedient sich dabei entweder des sog. trockenen oder des nassen Weges. Im ersteren Falle wird die zu untersuchende kleine Probe zunächst entweder im Glaskolben oder in einer Glasröhre er-

hitzt, um zu sehen, ob sich etwas verflüchtigt. Ferner erhitzt man ein kleines Stückchen des Minerals in der Platinzange, im Öhre eines Platindrahtes oder auf Holzkohle mit oder ohne Anwendung des Lötrohrs, um die Schmelzbarkeit zu untersuchen. Einige Mineralien schmelzen selbst in größeren Körnern leicht, andere schwieriger, noch andere nur in feinen Splittern oder an scharfen Kanten, manche sind selbst vor dem Lötrohr ganz unschmelzbar. Das Erzeugnis der Schmelzung ist bald eine poröse Substanz (Schlacke), bald porzellanartig (Email), bald eine durchsichtige Perle (Glas). Häufig beobachtet man dabei eine charakteristische Färbung der Flamme. An der Lötrohrflamme unterscheidet man den äußeren Mantel, welcher oxydierend, und den inneren Kegel, welcher reduzierend (sauerstoffentziehend) wirkt. Indem man nun die Mineralprobe entweder für sich oder mit gewissen Reagentien (Soda, Borax, Phosphorsalz) in der oben angegebenen Weise der Flamme darbietet, hat man auf die in dem Oxydations- oder Reduktionsteile eintretenden Veränderungen und Erscheinungen sorgfältig zu achten.

Die Soda (Natriumkarbonat) dient zur Auflösung des Baryts, des Siliciumdioxyds und vieler Silikate, ganz besonders zur Reduktion der Metalloxyde auf Kohle. Als Reduktionsmittel wirkt Cyankalium noch energischer. Borax (Natriumborat) hat die Eigenschaft, zum klaren Glase schmelzend Metalloxyde aufzulösen und dabei eine besondere, für die einzelnen Metalle charakteristische Färbung anzunehmen. Ähnlich verhält sich Phosphorsalz (Natrium-Ammoniumphosphat).

Die Prüfung auf nassem Wege geschieht, indem man die gepulverte Mineralprobe mit Wasser oder Säuren behandelt, um eine Auflösung zu erhalten. Hinsichtlich der Löslichkeit unterscheidet man Mineralien, welche in Wasser oder in Säuren (Salz-, Schwefel-, Salpetersäure, Königswasser, d. i. ein Gemisch von einem Teil Salpetersäure und zwei bis vier Teilen Salzsäure) oder, wie namentlich viele Silikate, weder in Wasser noch in Säuren löslich sind. Die letzteren schließt man auf, d. h. man schmilzt ihr Pulver mit kohlensauren Alkalien oder mit Ätzkali (Kaliumhydroxyd) zusammen und behandelt dann die geschmolzene Masse mit Säuren. Die erhaltene Lösung untersucht man mit Hilfe der bei der gewöhnlichen qualitativen Analyse benutzten Reagentien auf die darin vorhandenen Stoffe (Säuren und Basen bzw. Metalle).

Pseudomorphosen.

Die Pseudomorphosen (siehe Einleitung) werden in Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphosen eingeteilt.

1. Die Umwandlungs-Pseudomorphosen sind meist das Produkt einer chemischen, seltener einer bloß molekularen Veränderung der

Kristallsubstanz. Im zweiten Falle nennt man sie auch Paramorphosen. Häufig enthalten sie noch einen unverändert gebliebenen Kern. Beispiele: Kalkspat nach Aragonit und umgekehrt, Rutil nach Anatas (Paramorphosen); gediegenes Kupfer nach Rotkupfererz (Verlust eines Bestandteiles); Gips nach Anhydrit, Malachit nach Rotkupfererz (Aufnahme von Stoffen); Aragonit nach Gips, Brauneisenerz nach Schwefelkies (Austausch von Bestandteilen). Oft läßt sich kein vermittelndes Glied zwischen der Pseudomorphose und der ursprünglichen Substanz mehr erkennen, dann ist die Pseudomorphose das Resultat mehrerer aufeinanderfolgenden chemischen Veränderungen, z. B. Brauneisenerz nach Kalkspat, Quarz nach Flußspat, Zinnstein nach Orthoklas.

2. Die Verdrängungs-Pseudomorphosen sind auf die Art entstanden, daß der Kristall zuerst von einer fremden Substanz mit einer dünnen Kruste umhüllt wurde, worauf der Inhalt aufgelöst und fortgeführt, der gebildete Hohlraum aber durch jene Substanz oder eine andere Materie wieder ausgefüllt wurde (Ausfüllungs-Pseudomorphosen). Oft bleibt im Innern noch ein hohler Raum zurück. Beispiele: Quarz nach Kalkspat, Quarz nach Eisenspat.

Manchmal beginnt auch die Bildung einer Umwandlungs-Pseudomorphose mit einer Umhüllung. Die Pseudomorphosen sind zuweilen glattflächig und scharfkantig, meist jedoch sind ihre Flächen matt und rauh, die Kanten und Ecken mehr oder weniger abgerundet.

Vorkommen und Bildung der Mineralien.

Die Mineralien finden sich entweder an dem Orte, wo sie entstanden sind (primäre Lagerstätte), oder sie sind, namentlich durch die Kraft des bewegten Wassers, an einem andern Orte abgelagert worden (sekundäre Lagerstätte). Im letzteren Falle wurde die ursprüngliche Masse vorher zerkleinert und in Trümmer, Rollstücke, Körner oder einzelne Kristalle aufgelöst. Die Mineralien, welche auf primärer Lagerstätte auftreten, werden gewöhnlich von einem Gestein (Felsart, Gebirgsart) umschlossen. Dann unterscheidet man nach der Form und Ausdehnung der Mineralmasse: Lager und Flöze, Gänge, Stöcke, Nester.

Lager sind lang und breit ausgedehnte, den Schichten des umschließenden Gesteins parallel gehende Mineralmassen. Enthalten sie Erze, so nennt man sie Erzlager; enthalten sie hingegen andere nutzbare Mineralien (Steinkohlen, Braunkohlen usw.), so heißen sie Flöze. Von den Gesteinsschichten, welche das Lager oder Flöz umschließen, bezeichnet man die obere als das Hangende, die untere als das Liegende. Die Dicke der Schicht nennt man deren Mächtigkeit.

Gänge sind Spalten oder Klüfte im Gestein, welche durch die Mineralmasse ausgefüllt sind. Die Gänge sind vorzugsweise die Lagerstätte der Erze. Stöcke sind unregelmäßig begrenzte Massen von großer Mächtigkeit, aber verhältnismäßig geringer Länge und Breite. Durch die Art ihres Auftretens erscheinen sie häufig gleichsam als sehr mächtige Gänge. Kleinere Anhäufungen von Mineralien nennt man Nester; sie treten unregelmäßig zerstreut im Gestein auf. Nicht selten füllen Mineralien auch rundliche kleinere Hohlräume (Blasenräume), welche die Gesteinsmasse durchsetzen, teilweise oder ganz aus. Derb nennt man ein vom Gestein umschlossenes, unregelmäßig begrenztes Mineral-Aggregat, wenn es etwa größer als eine Haselnuß, eingesprengt, wenn es kleiner ist.

Unter den sekundären Lagerstätten sind besonders wichtig die Seifen; dies sind Ablagerungen durch Wasser fortgerissener Gesteinstrümmer, welche Edelsteine, Metall- und Erzkörner (Diamant, Gold, Platin, Zinnstein) führen. Gewisse Mineralien, z. B. das Steinsalz, kommen auch in wässeriger Lösung vor.

Sehr oft treten mehrere Mineralien nebeneinander auf, was man als deren Paragenesis bezeichnet. Man kann dann wohl an der Art dieses Auftretens erkennen, ob die verschiedenen Mineralien gleichzeitig oder nacheinander, und zwar in welcher Reihenfolge, entstanden sind, oft auch, daß eines aus dem andern hervorgegangen ist. Die gleichzeitige Bildung verschiedener Mineralien läßt sich an den Kristallen entweder daran erkennen, daß jedes Mineral in den Kristallen des andern Einschlüsse bildet, oder daran, daß bald die Kristalle der einen Art auf jenen der andern lagern und Eindrücke von diesen zeigen, bald das Umgekehrte stattfindet. Die nebeneinander gebildeten Mineralien weisen oft durch ihre chemische Zusammensetzung auf eine gleichartige Entstehung hin, wie z. B. die Kristalle von Apatit, Flußspat, Topas und Turmalin, welche auf Zinnerzgängen miteinander vorkommen und sämtlich fluorhaltige Mineralien sind. Die ungleichzeitige Bildung tritt deutlich hervor, wenn Kristalle auf einer andersartigen Unterlage eine Druse bilden, oder wenn eine solche Druse wieder von andern Kristallen bedeckt wird, welche von den früheren Eindrücke erhalten, oder wenn irgendein Mineral von Krusten eines andern überzogen wird. Wird ein Mineral von einer andern Masse rings umschlossen, so kann es bald jünger, bald älter wie diese sein. Die eingewachsenen Kristalle von Schwefelkies im Ton, die Kristallgruppen von Gips im Ton und Mergel sind jüngere Bildungen, die umgebende Masse ist älter. Die Ausfüllungen früher vorhanden gewesener Hohlräume sind ebenfalls jünger, wie z. B. die in Melaphyren vorkommenden Achate. Wenn ein starres Mineral zufällig in eine bewegliche Masse, z. B. Lava,

gerät, so zeigt sich nach dem Festwerden der letzteren ein fremder Einschluß. Dieser ist älter, die Umgebung jedoch von jüngerer Bildung. Häufig ist auch die Aufeinanderfolge der Mineralien von dem Grade der Löslichkeit ihrer Substanz in Wasser abhängig. In Salzablagerungen erscheint z. B. der Gips gewöhnlich als ältere, das Steinsalz als jüngere Bildung, weil der Gips die schwerer lösliche Substanz ist und sich deshalb beim Verdunsten des Wassers zuerst ausgeschieden hat.

Die Mineralien haben entweder eine direkte oder primäre Bildung, indem sie durch den Übergang einer Substanz aus dem beweglichen (flüssigen oder luftförmigen) Zustand in den starren entstehen, z. B. Gips durch Kristallisation aus einer wässerigen Lösung, oder sie haben eine indirekte oder sekundäre Bildung, wobei sie aus der Substanz früher vorhanden gewesener Mineralien hervorgehen. Im letzteren Falle erscheinen die neugebildeten Mineralien entweder als Pseudomorphosen, wobei das ursprüngliche Mineral ganz verschwunden sein kann, oder die Neubildung erscheint angesiedelt in oder auf dem letzteren, welches dann die Spuren der Anätzung, Zerklüftung und Zersetzung an sich trägt. So kommt z. B. Malachit in zerklüftetem Kupferkies oder Weißbleierz auf angefressenem Bleiglanz vor. Ein und dasselbe Mineral kann auch auf verschiedene Weise entstehen; oft ist es schwierig, zu entscheiden, auf welche Art das betreffende Vorkommen desselben sich gebildet hat. Im folgenden sollen noch einige Bildungsweisen der Mineralien kurz besprochen werden.

Zunächst können gewisse Mineralien in der Weise entstehen, daß sie sich in Form einzelner Kristalle aus geschmolzenen Massen beim Erstarren derselben ausscheiden. Die Lava aller Vulkane besteht fast ganz aus kieselsauren Salzen. Nach dem Erstarren derselben findet man in den meisten Laven Kristalle von Feldspat, Augit, Olivin und andern Mineralien. Diese Kristalle sind um so zahlreicher und größer, je langsamer die Abkühlung vor sich ging, deshalb auch im Innern eines erstarrten Lavastromes besser entwickelt als an der rascher festgewordenen Oberfläche. Die aus den Spalten des Vesuv zähflüssig hervortretende Lava enthält zahlreiche darin schwimmende Kristalle von Leucit, welche sich also schon vor dem Ausfließen der Lava ausgeschieden haben. In gleicher Weise haben sich die Mineralien (Silikate wie auch Quarz) gebildet, welche hauptsächlich ältere und jüngere, in großen Massen auftretende Eruptivgesteine, wie Granit, Porphyr, Trachyt, zusammensetzen. Sie haben sich aus dem Schmelzflusse ausgeschieden, indem die genannten Gesteine entweder schon innerhalb der Erdkruste oder erst an deren Oberfläche erstarrten.

Vielfach bilden sich Mineralien auch aus Dämpfen oder Gasen durch Sublimation oder durch gegenseitige Einwirkung verschiedener Stoffe, wovon

wenigstens einer gasförmig ist. Als Sublimationsprodukte finden sich an Vulkanen z. B. Steinsalz und Salmiak. Beim Zusammentreffen von Schwefeldioxyd und Schwefelwasserstoff scheidet sich Schwefel aus, nach der Gleichung $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$. Auch wird durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs aus Schwefelwasserstoff Schwefel abgeschieden. Durch die Wirkung gasförmiger Salzsäure auf gewisse Bestandteile der Gesteine entstehen Chlorverbindungen, welche bei den herrschenden hohen Temperaturen häufig durch Wasserdampf unter Bildung von Oxyden wieder zerlegt werden. So bildet sich z. B. Eisenoxyd bzw. Eisenglanz, welcher in glänzenden Blättchen oder in tafelförmigen Kristallen auf der Lava gefunden wird, nach der Gleichung $2FeCl_3 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl$.

Sehr oft bilden sich Mineralien aus wässerigen Lösungen, und zwar wird immer diejenige Verbindung abgesetzt, welche unter den herrschenden Umständen am schwersten löslich ist. Die verschiedenen Mineralien sind aber in Wasser sehr verschieden löslich; so lösen sich z. B. bei gewöhnlicher Temperatur in 100 Teilen reinen Wassers auf: 35,7 Teile Chlornatrium, 10,3 Teile Kaliumsulfat, 0,24 Teile Gips, 0,0002 Teile Baryumsulfat (Schwerspat). Die wasserfreien Silikate sind sehr schwer, der Quarz am schwersten löslich, indes ist keine chemische Verbindung für ganz unlöslich zu halten. In langen Zeiträumen können sich deshalb auch von sehr schwer löslichen Verbindungen aus der wässerigen Lösung größere Kristalle ausscheiden, indem die zuerst entstandenen sehr kleinen Kristalle durch fortwährende Berührung mit neuen Lösungsmengen allmählich wachsen. In großen Mengen scheiden sich gewisse Mineralien aus den verschiedenartigen Salzseen aus, deren Wasser eine konzentrierte Lösung mehrerer Salze darstellt. So liefert der Eltonsee Steinsalz, Bittersalz und Gips, das Tote Meer Steinsalz und Gips, der Wansee in Westarmenien Soda und Glaubersalz (Natriumsulfat), gewisse Seen im westlichen Tibet und in Kalifornien Borax.

Die Fähigkeit des Wassers, auf Mineralstoffe lösend einzuwirken, wird durch Beimischung gewisser anderer Stoffe, wie namentlich von Kohlendioxyd, verändert. Kalkspat, Magnesit und Eisenspat sind in reinem Wasser sehr schwer löslich, während sie von kohlensäurehaltigem Wasser (in Form von sauren Karbonaten) ziemlich reichlich gelöst werden. Hieraus erklärt sich die Bildung von Kalkhöhlen infolge der Auflösung des Kalksteins durch freie Kohlensäure enthaltendes Wasser, sowie umgekehrt die Bildung von Tropfstein durch Ausscheidung des Calciumkarbonats beim Entweichen des gelösten Kohlendioxyds bzw. beim Verdunsten solcher Lösungen. Während sehr viele kalte Quellen bzw. im Gestein zirkulierende Wasser das gelöste Calciumkarbonat in Form von Kalkspat (Kalksinter, Tropfstein) absetzen,

scheiden manche heiße Quellen (z. B. von Karlsbad) dasselbe beständig als Aragonit (in Form des faserigen Sprudelsteins) aus.

Die heißen Quellen auf Island, welche reich an aufgelöster Kieselsäure sind, liefern infolge der Verdunstung den Kieselsinter, welcher die Zusammensetzung des Opals besitzt. Hier wie in manchen andern Fällen schied sich die betreffende Substanz aus kolloidaler Lösung aus und nahm dabei kugelige, traubige oder nierenförmige Gestalt an (Hyalith, Opal). Solche Mineralien gingen dann häufig allmählich aus dem amorphen in den feinkristallinischen Zustand über (Chalcedon, Malachit, roter und brauner Glaskopf).

Oft auch wird eine Bildung gewisser Mineralien dadurch stattfinden, daß zwei verschiedene wässerige Lösungen zusammentreffen, durch deren gegenseitige chemische Einwirkung eine schwerlösliche Substanz entsteht, welche sich ausscheidet. So sind z. B. die von Gips begleiteten Malachitkristalle entstanden durch die Einwirkung einer Lösung von saurem Calciumkarbonat auf eine solche von Cuprisulfat (entstanden durch die Oxydation von Kupferkies); dabei schieden sich Cuprikarbonat und Calciumsulfat als schwerlösliche Salze aus.

Die Mineralien, welche auf Spalten, Gängen und in Hohlräumen der Gesteine auftreten, sind in der Regel als Absätze aufsteigender bzw. in jenen Räumen sich bewegender Quellwasser zu betrachten. Die Stoffe, welche in solchen Mineralien vorkommen, sind fast sämtlich in den Wassern aufsteigender Quellen nachgewiesen worden. Sie stammen zum Teil aus unbekannter Tiefe, aus der diese Quellen kommen, zum Teil aber rühren sie von dem Gestein her, welches die Gänge und Hohlräume umschließt, und sind aus demselben durch die Gebirgsfeuchtigkeit ausgelaugt worden. Durch wechselseitige Zersetzung verschiedener zusammentreffender Stoffe haben sich dann mannigfaltige Mineralien, auch die Erze der Erzgänge, abgeschieden.

Sehr wichtig ist endlich die Bildung der in gewissen Gesteinen, wie Tonschiefer und Kalkstein, oft in schönen eingewachsenen Kristallen auftretenden sog. Kontaktmineralien. Es sind Neubildungen, welche in jenen Gesteinen infolge der intensiven, lang andauernden Erhitzung durch durchbrechende bzw. dicht benachbarte Eruptivmassen, wie von Granit, Syenit u. a., auch unter der Einwirkung von aus dem Eruptivgestein austretenden (bor- und fluorhaltigen) Gasen, Dämpfen oder Lösungen entstanden sind. Ihre Menge nimmt natürlich mit der zunehmenden Entfernung vom Kontakt ab. Als solche Kontaktmineralien treten namentlich zahlreiche Silikate auf, wie Granat, Vesuvian, Epidot, Augit, Skapolith, Turmalin, Topas, auch Oxyde, wie Rutil, Zinnstein, Spinell, Magnetit. Manchmal bilden sich so auch förmliche Kontakterzlagerstätten, wie von Eisenspat, Kupferkies, Pyrit u. a.

B. Spezielle Mineralogie.

Man bezeichnet die einzelnen Mineralien anstatt, wie früher üblich, als Spezies, jetzt richtiger als Mineralarten. Für chemische Elemente und Verbindungen nämlich, wie es die Mineralien sind, hat der Begriff der Spezies, wie er in der Zoologie und Botanik Gültigkeit besitzt, keine Bedeutung. Unter einer Mineralart versteht man die Gesamtheit der hinsichtlich ihrer wesentlichen kristallographischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften als zusammengehörig erkannten Mineralkörper. In manchen Fällen ist es jedoch nicht möglich, den Artbegriff streng aufrecht zu erhalten und die einzelnen Arten scharf voneinander zu trennen, insbesondere dann, wenn es sich um solche Mineralien handelt, deren Zusammensetzung unter dem Einflusse einer isomorphen Mischung steht (s. S. 91). Unter Varietäten versteht man die durch gewisse Verschiedenheiten (namentlich in bezug auf Farbe, chemische Zusammensetzung, Ausbildung der Kristalle und der kristallinischen Aggregate) voneinander abweichenden Vorkommnisse derselben Art. Die Varietäten sind in der Regel durch Übergänge verbunden.

Da von der chemischen Zusammensetzung der Mineralien sämtliche übrigen Eigenschaften derselben abhängen, wenn auch der gesetzmäßige Zusammenhang, welcher zwischen beiden herrscht, erst zum geringen Teile erkannt ist (vgl. Isomorphie, S. 89 f.), so wird eine naturgemäße Einteilung und Gruppierung der verschiedenen Mineralarten sich auch auf die chemische Zusammensetzung gründen müssen. Demgemäß teilt man die Mineralien nach ihrem allgemeinen chemischen Charakter in Klassen, nach dem besondern in Gruppen ein. Wir bedienen uns folgender Einteilung.

Erste Klasse: Elemente.
- Erste Gruppe: Metalloide.
- Zweite Gruppe: Metalle.

Zweite Klasse: Schwefelverbindungen.
- Erste Gruppe: Sulfide.
- Zweite Gruppe: Sulfosalze.

Dritte Klasse: Sauerstoffverbindungen.

Erste Gruppe: Oxyde.

Zweite Gruppe: Säuren und Hydroxyde.

Vierte Klasse: Haloidsalze.

Fünfte Klasse: Oxysalze.

Erste Gruppe: Nitrate.

Zweite Gruppe: Karbonate.

Dritte Gruppe: Sulfate und Chromate.

Vierte Gruppe: Molybdate und Wolframate, Uranate.

Fünfte Gruppe: Borate.

Sechste Gruppe: Phosphate und Arsenate.

Siebte Gruppe: Silikate und Titanate.

Sechste Klasse: Organische Verbindungen pflanzlichen oder tierischen Ursprungs. Kohlen.

Der Kürze halber ist im folgenden vor den Symbolen der positiven Kristallformen das +=Zeichen fortgelassen. Den Naumannschen Symbolen ist bei jedem Mineral je einmal das Millersche Symbol beigefügt.

Erste Klasse: Elemente.

Folgende Elemente finden sich, wenn auch einzelne nur sehr selten, als Mineralien: Kohlenstoff, Schwefel, Tellur, Arsen, Antimon (Metalloide) — Wismut, Eisen, Kupfer, Blei, Zinn, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Iridium, Osmium (Metalle). Sämtliche sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, mit alleiniger Ausnahme des Quecksilbers. Mehrere sind dimorph, wie Kohlenstoff, welcher sich als Diamant (regulär) und als Graphit (hexagonal) findet. Mehrfach vereinigen sich die Elemente (z. B. Quecksilber und Silber) zu deutlich kristallisierten Mischungen, welche die Form der beiden Bestandteile zeigen.

Erste Gruppe: Metalloide.

1. Diamant.

Regulär, tetraedrisch=hemiedrisch; $\frac{O}{2}\{111\}$ und $-\frac{O}{2}\{1\bar{1}1\}$, meist gleich stark (zum Oktaeder) ausgebildet, ferner $\infty O\{110\}$, $\infty On\{hk0\}$, $mO\{hhl\}$, $mOn\{hkl\}$. Die Kristalle sind oft krummflächig und nähern sich der Kugelform, weshalb dann eine genaue Bestimmung der Flächen nicht möglich ist. Zwillingsbildung nach einer Fläche von $O\{111\}$. Zuweilen durchwachsen sich auch zwei Tetraeder mit parallelen Achsensystemen (Fig. 118 bzw. 119). Doch wird der Diamant auch mehrfach als holoedrisch betrachtet, indem man die

Bildung der Tetraeder und ihrer anscheinenden Zwillinge auf ein ungleichmäßiges Wachstum der (einfachen) Kristalle zurückführt. Kristalle lose oder einzeln eingewachsen, selten derb in feinkörnigen porösen Aggregaten von braunschwarzer Farbe (Karbonat). — Spaltbar oktaedrisch vollkommen; Bruch muschelig; spröd; H. = 10; G. = 3,5—3,6. Farblos und wasserhell, doch oft gefärbt, grau, braun, gelb, grün, blau, rot, selten schwarz (manche schwefelgelbe sind bloß an der Oberfläche gefärbt, sie werden durch den Schliff klarer). Diamantglanz, durchsichtig bis durchscheinend, sehr starke Lichtbrechung (Brechungsquotient für gelb 2,42) mit auf der Farbenzerstreuung beruhendem Farbenspiel. — Chemische Zusammensetzung: Kohlenstoff; in Sauerstoff verbrennt er zu Kohlendioxyd. Im Jahre 1694 wurden zu Florenz die ersten Diamanten in einem großen Brennspiegel verbrannt. — Die Bildungsweise des Diamants ist noch nicht vollständig und für alle Fundorte aufgeklärt. Wahrscheinlich hat sich der Diamant durch Ausscheidung bzw. Kristallisation von in geschmolzenen Gesteinsmassen aufgelöstem Kohlenstoff im Erdinnern, also unter starkem Druck gebildet (s. unten). Er findet sich im aufgeschwemmten Lande (Diamantseifen), häufig zusammen mit Gold, Topas, Amethyst, Granat u. a., ferner in Brasilien in einem glimmerhaltigen, früher als Itakolumit bezeichneten Quarzgestein, in Südafrika in einem eigentümlichen serpentinähnlichen Trümmergestein, welches (als ursprünglich schlammartige Masse) durch vulkanische Eruptionen gebildete trichterartige, in die Erde sich hinziehende Kanäle ausfüllt. Fundorte: Vorderindien (der älteste Fundort), Borneo, Sumatra; Brasilien, namentlich in der Provinz Minas Geraes bei Tejuko oder Diamantina; Mexiko; Australien (wo er bei Sikatlory sehr schön und bis zum Gewichte von 150 Karat, 1 Karat ungefähr $\frac{1}{5}$ g, vorkommt); seit 1867 das überaus reiche Gebiet des Vaal- und Oranjeflusses im südöstlichen Afrika (die Gegend von Kimberley daselbst liefert jetzt mehr Diamanten, darunter besonders große, als alle andern Fundorte zusammen). Neueres Vorkommen in der Lüderitzbucht (Westafrika). — Interessant ist das in neuerer Zeit aufgefundene Vorkommen mikroskopisch kleiner Diamanten in einem Meteorstein und im Meteoreisen. Moissan ist es gelungen, Diamant (in bis $\frac{1}{2}$ mm großen Kriställchen) künstlich durch Abscheiden aus einer Lösung von Kohle in geschmolzenem Eisen unter hohem Drucke darzustellen. Auch fand man, daß sich Kohle aus geschmolzenen Silikaten als Diamant abscheiden kann.

Der Wert der Diamanten hängt ab von der Größe, Reinheit (man unterscheidet solche vom ersten, zweiten und dritten Wasser), Farbe und Art des Schliffes. Früher wurden die Steine bloß etwas poliert (Spitzsteine); die Agraffe des kaiserlichen Mantels Karls des Großen ist noch mit solchen ungeschliffenen Diamanten besetzt. Erst Ludwig van Berguem aus Brügge in Flandern fand 1456, daß man den Diamant in seinem eigenen Pulver (Diamantbort) schleifen könne. Man

unterscheidet nach der Schliffform hauptsächlich Brillanten (Fig. 146, 1) und Rosetten (Fig. 146, 2). Ein Brillant besteht aus zwei ungleichen, abgestumpften Kegeln mit gemeinsamer Basis. Die obere, einer Würfelfläche parallele Fläche ist am breitesten und von dreieckigen und rhombischen Facetten umgeben; die Abstumpfungsfläche des unteren Kegels ist weit kleiner. Bei den Rosetten geht die untere flache Basis einer Oktaederfläche parallel, ihre Spitze endigt mit sechs Sternfacetten. Die Brillanten faßt man meist à jour, d. h. man gibt ihnen keine Unterlage wie den Rosetten. — Ein Karat (k) rohen Diamants kostet in Kimberley im Durchschnitt gegen 30 Mark. Ein gutgeschliffener Brillant von 1 k wird mit etwa 300 Mark, bei feinster Qualität mit bis 1200 Mark bezahlt. Bis etwa 15 k steigt der Preis ungefähr proportional dem Gewichte, doch ist für die Steine erster Qualität die Zunahme bedeutend größer. Bei noch schwereren Steinen steigt der Preis in viel höherem Grade. Im allgemeinen sind die Kapdiamanten weniger wertvoll als die indischen und brasilianischen Steine, weil sie meist im Gegensatz zu diesen eine etwas ins Gelbliche gehende Farbe zeigen. Den Hauptmarkt für Diamanten bildet Amsterdam.

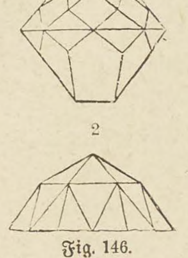


Fig. 146.

Einige der größten und berühmtesten Diamanten sind:

1) Der Orlow, 194 k, schmückt die Spitze des russischen Zepters, soll nach einer Sage früher das Auge eines indischen Götzen gebildet haben;

2) der Regent, 136 k, im französischen Staatsschatz, wegen seines gefälligen Brillantschliffes der schönste unter allen großen; im rohen Zustande wog er 410 k;

3) der Diamant des Großherzogs von Toskana, 133 k, im Besitz des österreichischen Kronschatzes, mit einem Stich ins Weingelbe;

4) der Stern des Südens, 125 k (roh 254 k), der größte in Brasilien gefundene Diamant, ein Brillant vom reinsten Wasser;

5) der Kohinoor (Berg des Lichtes) soll früher 793 k gewogen haben, wiegt aber jetzt als wohlgeformter Brillant nur noch 106 k; früher im Besitz des Groß-Moguls in Delhi, jetzt im englischen Staatsschatze.

6) Die größten Diamanten wurden in Südafrika gefunden; darunter der Excelsior, ca. 8 cm lang und 4 cm dick und breit, von 971 k, 1893 auf der Grube Jagersfontein gefunden; der Viktoria-Diamant von 457 k, der De Beers-Diamant von 428 k, der Stevart-Diamant von 288 k u. a. Alle diese Funde werden noch übertroffen von dem am 25. Januar 1905 in der Premier-Mine in der Nähe von Pretoria gefundenen sog. Cullinan-Diamanten, welcher von blauweißer Farbe (einer sehr geschätzten Nuance) ist und bei einem Gewichte von 3025 k den größten bisher bekannten Diamanten darstellt. Dennoch bildet auch er nach seiner Begrenzung nur ein Bruchstück eines ursprünglich größeren Kristalls. Zu seiner Verwertung wurde er (wie auch der Excelsior) in mehrere Stücke zerlegt und geschliffen, wobei man u. a. einen Brillanten von 516 k und einen solchen von 309 k erhielt; ersterer ziert das Zepter, letzterer die Krone des Königs von England.

Diamantsplitter und kleinere Diamanten werden zum Glasschneiden, zum Bohren und Gravieren anderer harten Steine, zu Zapfenlagern in Uhren und pulverisiert

zum Schleifen von Edelsteinen gebraucht. Durch ihre Benutzung zur Herstellung von Bohrlöchern sind sie auch für den Bergbau sehr wichtig geworden. Zum Besetzen der Diamantbohrer dient vorwiegend Karbonat.

2. Graphit (Reißblei).

Hexagonal; Kristalle jedoch sehr selten und meist nur als dünne sechsseitige Tafeln oder kurze Prismen. Am häufigsten kommt der Graphit derb vor, in blätterigen, strahligen, schuppigen bis dichten Massen. — Spaltbar nach der Basis, höchst vollkommen; sehr mild, in dünnen Blättchen biegsam; fühlt sich fettig an; H. = 0,5—1; G. = 1,9—2,3 (verschieden nach Fundort und Reinheit); Leiter der Elektrizität (im Gegensatz zum Diamant), eisenschwarz bis dunkel stahlgrau, abfärbend; undurchsichtig, metallglänzend. — Chemische Zusammensetzung: Kohlenstoff, mit etwas Eisen und Beimengungen von Kieselsäure, Kalk u. a. Stoffen. Selbst vor dem Lötrohr schwer verbrennlich, hinterläßt 0,33 bis 20% Asche; unschmelzbar. — Graphit kristallisiert bei Hochöfen in dünnen Blättchen aus dem Roheisen. Findet sich eingesprengt, nester- oder lagerartig im Gneis, Glimmer- und Tonschiefer: Passau, Schwarzbach in Böhmen, Untersteiermark; im Kalkstein: Wunsiedel, Pargas in Finland, Ticonderoga in New York (hier sehr reichlich); namentlich aber auf Gängen im Granit, Gneis, Granulit &c.: Ceylon (hier reichlich und von bester Qualität), Borrowdale in Cumberland, westlich von Irkutsk im Tunkinsker Gebirge (Sibirien). Die beiden letzteren Fundorte sind jetzt erschöpft.

Der Graphit (namentlich der ceylonische) wird zur Fabrikation der Bleistifte verwandt, außerdem dient er zur Anfertigung feuerfester Tiegel (Passauer Tiegel), zum Einschmieren von Maschinenteilen (zur Verminderung der Reibung), zum Schwärzen eiserner Öfen, endlich wegen seiner elektrischen Leitungsfähigkeit in der Galvanoplastik. Bei der Herstellung von Bleistiften mischt man das feingeschlemmte Graphitpulver mit Ton.

3. Schwefel.

Rhombisch[1]; die Kristalle zeigen häufig die selbständige Pyramide P {111}, auch Kombinationen derselben mit 0P {001}, $\frac{1}{3}$P {113}, ∞P {110} und P̆∞ {011} (siehe auch Fig. 98). Zuweilen sind die Pyramiden deutlich hemiedrisch, als rhombische Sphenoide ausgebildet. Künstliche rhombische Kristalle erhält man, wenn man eine Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff verdunsten läßt, während Kristalle des monoklinen Systems entstehen, wenn der Schwefel aus dem Schmelzflusse erstarrt. Die natürlichen Schwefelkristalle erscheinen einzeln aufgewachsen oder in Drusen. Zuweilen Zwillingsbildung, z. B. nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine

[1] Achsenverhältnis a : b : c = 0,8130 : 1 : 1,9037.

Fläche von P ∞ {101}. Auch in kugeligen, nierenförmigen und tropfsteinartigen Massen, sowie derb, eingesprengt; zerreiblich als sog. Mehlschwefel. — Spaltbar nach 0P und ∞P, sehr unvollkommen; Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 1,5—2,5; G. = 1,9—2,1; schwefelgelb, auch honiggelb, gelblichbraun und gelblichgrau; fettglänzend, auf Kristallflächen häufig diamantglänzend; durchsichtig bis durchscheinend und undurchsichtig; wird durch Reiben stark elektrisch. — Chemische Zusammensetzung: Schwefel, rein, auch mehr oder weniger verunreinigt, z. B. durch Schwefelarsen. Schmilzt bei 114°, entzündet sich bei 260° und verbrennt mit bläulicher Flamme zu SO_2.

Der Schwefel findet sich namentlich 1. auf Gängen, Lagern, Nestern und eingesprengt mit Gips und Bitumen im Ton und Mergel: Sizilien (Girgenti, Caltanisetta) lieferte früher die größte Menge; die (von Cölestin, Gips und Aragonit begleiteten) Kristalle können daselbst eine Größe von 14 cm erreichen; dieser Fundort jetzt übertroffen durch die reichen Lager in Louisiana; Conil bei Cadix in Spanien, Radoboj in Kroatien, Swoszcowice in Galizien; 2. in den Spalten der Krater sowie überhaupt in vulkanischen Gegenden und als Absatz schwefelwasserstoffhaltiger Quellen: Vesuv, Ätna, Solfatara bei Pozzuoli (der durch Destillation von Schwefel befreite Sand ist nach 25—30 Jahren wieder voll und zu gebrauchen), Island, Aachen.

Der Schwefel dient zur Fabrikation von Zündhölzern, Schießpulver, Buntfeuer, Schwefelsäure, zum Bleichen von Seide und Wolle, zum Ausschwefeln der Weinfässer, als Arzneimittel.

4. Antimon.

Hexagonal rhomboedrisch, sehr selten in deutlichen Kristallen, welche die Kombination R {10$\bar{1}$1} · $\frac{1}{4}$R {10$\bar{1}$4} · 0R {0001} zeigen; stets Zwillinge nach einer Fläche von $-\frac{1}{2}$R {01$\bar{1}$2}; meist derb und eingesprengt; zuweilen in kugeligen, traubigen und nierenförmigen Aggregaten. — Spaltbar nach 0R vollkommen, desgleichen nach — 2R {02$\bar{2}$1}; H. = 3—3,5; G. = 6,6; zinnweiß, oft gelblich angelaufen; stark glänzend. — Chemische Zusammensetzung: Antimon, meist mit etwas Silber, Eisen und Arsen; vor dem Lötrohr leicht schmelzbar, verbrennt auf Kohle mit weißlicher Flamme und bildet einen weißen Beschlag von Sb_2O_3; wird von Königswasser gelöst, von Salpetersäure in ein weißes Pulver verwandelt. — Vorkommen: Andreasberg, Sala in Schweden, Allemont in der Dauphiné, Przibram in Böhmen, Borneo.

Das meist aus Grauspießglanz gewonnene Antimon findet Anwendung in Form von Legierungen. So besteht das Letternmetall aus 60% Blei, 25% Antimon und 15% Zinn.

5. Arsen.

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Antimon, deutliche Kristalle jedoch sehr selten; gewöhnlich in feinkörnigen Massen mit nierenförmiger Oberfläche und krummschaliger Absonderung (Scherben- oder Näpfchenkobalt). — Spaltbar nach 0R {0001} vollkommen, nach $-\frac{1}{2}$R {01$\bar{1}$2} unvollkommen; Bruch uneben; spröd; H. = 3,5; G. = 5,7; licht bleigrau, schwärzt sich jedoch in feuchter Luft leicht an der Oberfläche, indem As_2O entsteht. — Chemische Zusammensetzung: Arsen, mit etwas Antimon, auch wohl Spuren von Silber, Eisen oder Gold; verflüchtigt sich vor dem Lötrohr, ohne vorher zu schmelzen, unter Entwicklung eines unangenehmen, knoblauchartigen Geruchs, verbrennt zu As_2O_3. Beim Sublimieren im Glasröhrchen gibt es den metallischen Arsenspiegel; Salpetersäure verwandelt es in As_2O_3.

Findet sich hauptsächlich auf Kobalt- und Silbererzgängen: Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Andreasberg, Wittichen im Schwarzwalde, Markirch in den Vogesen, in rhomboedrischen Kristallen bei Akadanimura in Japan.

Das Arsen, welches früher auch als „Fliegenstein" benutzt wurde, dient zur Darstellung von Arsenverbindungen, namentlich von As_2O_3.

Zweite Gruppe: Metalle.

6. Wismut.

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Antimon und Arsen; gewöhnlich die Kombination R {10$\bar{1}$1} · 0R {0001}. Kristalle meist undeutlich, indes kann man künstlich aus dem Schmelzfluß sehr schöne und große Kristalle erhalten; baumförmig, federartig; häufig derb und eingesprengt von körniger Zusammensetzung. — Spaltbar nach —2R {02$\bar{2}$1} und 0R vollkommen; mild; H. = 2,5; G. = 9,7; rötlich silberweiß, oft grün und rot (taubenhälsig) angelaufen. — Chemische Zusammensetzung: Wismut, oft mit etwas Arsen; vor dem Lötrohr sehr leicht (bei 264°) schmelzbar, bildet auf Kohle einen zitronengelben Beschlag von Wismutoxyd; die Lösung in Salpetersäure gibt bei Zusatz von viel Wasser einen weißen, aus einem basischen Salz bestehenden Niederschlag.

Findet sich meist zusammen mit Kobalt- und Nickelerzen: Schneeberg, Annaberg, Johann-Georgenstadt, Altenberg, Bieber in Hessen, Cornwall und Devonshire, Bolivia.

Das Wismut dient zur Herstellung von leichtflüssigen Legierungen; eine solche ist z. B. das sog. Rosesche Metallgemisch, welches aus einem Teile Zinn, einem Teile Blei und zwei Teilen Wismut besteht und schon in kochendem Wasser schmilzt.

7. Eisen.

Das gediegene Eisen wird als tellurisches (irdisches) und kosmisches (aus dem Weltraume stammendes) unterschieden; letzteres nennt man Meteoreisen. Man gibt mehrere Fundorte des ersteren an (Mühlhausen in Thüringen, Chotzen in Böhmen, die Gegend am St. Johns River in Liberia, wo es in großer Menge anstehen soll, Minas Geraes in Brasilien u. a.), auch fand man 1870 bei Ovifak auf der Insel Disko (Grönland) am Fuße eines Basaltrückens lose Eisenmassen von 500, 200 und 90 Zentner Gewicht (auch der anstehende Basalt umschließt hier Klumpen von gediegenem Eisen), indes ist das Vorkommen an den erstgenannten Punkten noch nicht unzweifelhaft festgestellt, während das Ovifaker Eisen, welches früher wohl für kosmischen Ursprungs gehalten wurde, jetzt allgemein als tellurisch betrachtet wird. Auch sonst wurde in vielen basaltischen Gesteinen gediegenes Eisen in meist sehr kleinen Körnchen aufgefunden.

Das Eisen kristallisiert regulär, wenigstens hat man künstliche Kristalle in Form von Oktaedern beobachtet. Spaltbar nach den Würfelflächen, wie besonders manches Meteoreisen deutlich zeigt; Bruch hakig; H. = 4,5; G. = 7,0—7,8; stahlgrau und eisenschwarz; geschmeidig und dehnbar; wird vom Magneten angezogen. — Das Ovifaker Eisen enthält neben Eisen etwas Nickel, Kobalt und Phosphor, ferner $2\frac{1}{2}\%$ Schwefel, $3\frac{1}{2}\%$ Kohlenstoff und 11% Sauerstoff (weshalb es richtiger als ein Gemenge von Eisen mit gewissen andern Mineralsubstanzen zu bezeichnen ist); auch das Meteoreisen ist nicht rein, sondern enthält fast stets eine bedeutende Menge (6 bis 10, selten bis 20%) Nickel, oft auch Kobalt, sowie etwas Phosphor, Schwefel und Kohlenstoff. Poliert man Schliffflächen von Meteoreisen und ätzt sie mit Salpetersäure, so entstehen darauf meist die sog. Widmannstättenschen Figuren, das sind Strahlen, welche sich unter Winkeln von etwa 60—90° schneiden und die komplizierte Struktur des Meteoreisens (eine schalige Zusammensetzung nach den Oktaederflächen) verraten. Das nickelärmere Eisen wird nämlich von der Säure stärker angegriffen als das mit ihm abwechselnde nickelreichere, welches nach dem Ätzen erhabene Leisten bildet. Die Widmannstättenschen Figuren bilden ein wichtiges Merkmal zur Erkennung des Meteoreisens.

Das Meteoreisen ebenso wie die fast stets Eisenkörner einschließenden Meteorsteine (feinkörnige bis dichte Massen, welche vorzugsweise aus Olivin, Enstatit, Bronzit, Augit und Anorthit bestehen) werden als Bruchstücke kleiner, von der Erde angezogener Weltkörper betrachtet. Ihr Herabfallen ist von Feuererscheinungen und donnerartigem Getöse begleitet. Die hohe Temperatur, welche sie dabei besitzen, rührt wahrscheinlich von der bei der Bewegung durch die Luft stattfindenden Reibung und Kompression her. Der Stein von Dhurmsalla in Indien gelangte am 14. Juli 1860 an der Oberfläche geschmolzen zur Erde, war aber im Innern kalt. Besonders

bekannte Fundorte von Meteoreisen sind: Krasnojarsk am Jenissei (Sibirien), eine 1600 Pfund schwere, wie ein grober Schwamm löcherige Eisenmasse, deren Zwischenräume mit schönen Olivinkristallen erfüllt sind; Hraschina bei Agram, 71 Pfund schwer, fiel am 26. Mai 1751; Elnbogen in Böhmen, der „verwünschte Burggraf" von 191 Pfund scheint am Ende des 14. Jahrhunderts gefallen zu sein; am Red River in Louisiana ein Stück von 3000 Pfund; am Fluß Bendegó in Brasilien ein über 17000 Pfund schweres Stück von über 2 m Länge; Olumba in Peru, eine über 300 Zentner schwere Masse; bei Braunau auf der böhmisch-schlesischen Grenze fielen am 14. Juli 1847 zwei Stücke von 42 und 30 Pfund. Kleinere Massen finden sich häufiger, z. B. auf dem Gebirge Magura in Ungarn, bei Cobija in Südamerika. Im Tale von Toluca in Mexiko suchten die Indianer das Eisen auf und verschmiedeten es; viele Zentner sind davon nach Europa gekommen.

8. Kupfer.

Regulär; hauptsächlich O {111}, ∞ O ∞ {100}, ∞ O {110} und ∞ O 2 {210}, selbständig oder in Kombination. Am Superior-See kamen die schönsten Dodekaeder von fast 3 cm Durchmesser vor. Kristalle meist stark verzerrt und durcheinandergewachsen. Zwillingskristalle nach einer Fläche von O erscheinen häufig stern- oder baumförmig, wobei sich sämtliche Strahlen unter 60° schneiden (vgl. Silber und Gold). Namentlich in zahn-, draht- und haarförmigen Gestalten, ästig sowie in Platten, Blechen und als Anflug; derb und eingesprengt; selten in losen unregelmäßigen Körnern und Klumpen; bisweilen in Pseudomorphosen nach Rotkupfererz. — Bruch hakig; geschmeidig und dehnbar; H. = 2,5—3; G. = 8,5—8,9; kupferrot, oft gelb oder braun angelaufen; dünne Blättchen scheinen grün durch; sehr guter Leiter der Elektrizität. — Chemische Zusammensetzung: Kupfer, meist nur wenig verunreinigt; vor dem Lötrohr ziemlich leicht schmelzbar; färbt, indem es sich etwas verflüchtigt, die Flamme grün; löslich in kalter Salpeter- und heißer Schwefelsäure. — Es findet sich auf Gängen, Lagern, Nestern, eingesprengt, in Blasenräumen des sog. Mandelsteins (einzelne Mandeln können wohl nur aus Kupfer bestehen), in losen Blöcken und Geschieben: Rheinbreitbach bei Honnef, Neudörfel bei Zwickau, Reichenbach, Cornwall, Ural (die Turjinskischen Gruben lieferten Massen von 2000 kg), Superior-See (hier kommt das Kupfer, an welchem öfter Klumpen von gediegenem Silber hängen, im Mandelsteingebirge vor, Platten bis 1 m dick setzen gediegen in die Tiefe; auf einem Gange fand man eine Kupfermasse von etwa 15 m Länge, 7 m Breite und über 2 m Dicke, an einer andern Stelle eine solche von etwa 22 m Länge, 10 m Breite und 1—2 m Dicke; Stücke von 15000, ja 20000 Zentner wurden im Kalkspat gefunden), Japan, China, Australien.

Das Kupfer eignet sich im unvermischten Zustande nicht zu Gußwaren, indem es poröse und blasige Güsse liefert. Wohl aber läßt es sich kalt durch Hämmern

in die verschiedensten Formen bringen, d. h. treiben (das Hermannsdenkmal auf der Grotenburg bei Detmold besteht aus getriebenem Kupfer), auch kann man es zu Platten auswalzen, welche zur Verfertigung großer Kessel sowie als Kupferstichplatten dienen. Bekannt ist seine Anwendung zum Prägen von Münzen. Sehr bedeutend ist die Verwendung des Kupfers für elektrische Leitungen und Dynamomaschinen. Wichtig sind endlich die zur Herstellung von Gußwaren benutzten Legierungen des Kupfers: Messing enthält 70 % Kupfer und 30 % Zink, Glockenspeise 78 % Kupfer und 22 % Zinn, Neusilber 60 % Kupfer, 10 % Nickel und 30 % Zink; die Statuenbronze besteht aus Kupfer, Zinn, Blei und Zink.

9. Blei.

Regulär, auf der Harstigsgrube in Wermland in oktaedrischen Kristallen; haar- und drahtförmig, als Anflug, in dünnen Platten; dehnbar und geschmeidig; H. = 1,5; G. = 11,4; bleigrau, schwärzlich angelaufen. — Chemische Zusammensetzung: Blei; schmilzt vor dem Lötrohr sehr leicht (bei 335°) und bildet auf Kohle einen gelben Beschlag; löslich in Salpetersäure. — Sehr seltenes Mineral; manche der angegebenen Fundorte sind zweifelhaft oder irrig. Sicher ist das Vorkommen auf den Mangan- und Eisenerzgruben von Pajsberg, Harstigen und Langban in Wermland (Schweden) im Kalkstein und Dolomit. Am Ural und Altai sowie in Siebenbürgen und Slavonien fand man es in kleinen Körnern im Goldsande.

10. Quecksilber.

Flüssig, in kleinen Tropfen und geflossenen Massen; G. = 13,6; zinnweiß, stark metallglänzend; in sehr dünner Schicht mit blauer Farbe durchscheinend; bei — 39° erstarrt es zu einer geschmeidigen Masse, deren spezifisches Gewicht = 14,2; dabei kristallisiert es in Oktaedern; siedet bei 357°, verdunstet aber schon bei weit niederer Temperatur. — Chemische Zusammensetzung: Quecksilber, oft mit etwas Silber; löslich in kalter Salpetersäure und heißer Schwefelsäure; das Quecksilber löst gediegene Metalle auf und verbindet sich damit zu sog. Amalgamen. — Findet sich mit Zinnober auf Gängen, Klüften und Höhlungen des Gesteins: Idria in Krain, Almaden in Spanien, Moschellandsberg in Rheinbayern, Huancavelica in Peru; in der Diluvialformation: am Tajo bei Lissabon und im Lehm von Sülbeck bei Lüneburg.

Das Quecksilber (zum weitaus größten Teile aus Zinnober gewonnen) findet Anwendung zum Füllen der Barometer und Thermometer, zur Bereitung von Amalgamen (Feuerversilberung, Feuervergoldung) sowie in der Medizin.

11. Silber.

Regulär; meist $\infty O \infty$ {100}, auch O {111}, ∞O {110} und $\infty O 2$ {210} (in Sachsen kamen Würfel, Oktaeder und Dodekaeder von über 1 cm im

Durchmesser vor); in der Regel sind die Kristalle klein und oft verzerrt; Zwillinge nach O, zuweilen in eigentümlichen farnkrautähnlichen Gestalten; haar-, draht-, zahn- und baumförmig, moosartig, gestrickt, in Blechen und Platten, als Anflug, auch derb und eingesprengt, selten in kleinen losen Körnern (Silbersand). — Bruch hakig; geschmeidig, dehnbar (läßt sich zu sehr dünnem Blattsilber verarbeiten); H. = 2,5—3; G. = 10—11; silberweiß mit hohem Metallglanz; oft gelb, braun oder schwarz angelaufen. — Chemische Zusammensetzung: Silber, mit geringen Mengen Gold, auch mit etwas Kupfer, Arsen, Antimon; löslich in Salpetersäure (die Lösung gibt mit Salzsäure einen weißen käsigen Niederschlag von Chlorsilber, welcher sich am Lichte schwärzt); vor dem Lötrohr leicht schmelzbar. — Findet sich meist auf Gängen im Gneis, Granit, Andesit, Tonschiefer: Freiberg, Marienberg, Schneeberg im sächsischen Erzgebirge (am letztgenannten Orte fand sich einmal eine 100 Zentner schwere Masse), Andreasberg, Kongsberg in Norwegen (1834 eine 7½ Zentner schwere Masse), Schlangenberg im Altai, Superior-See (vgl. Kupfer), Mexiko, Chile, Peru.

Das Silber wird benutzt zum Prägen von Münzen, zur Anfertigung von Gerätschaften und Schmuckgegenständen (wobei jedoch seine geringe Härte durch einen Zusatz von Kupfer erhöht wird), zur Darstellung seiner Salze, namentlich des in der Photographie und Medizin angewandten Nitrats ($AgNO_3$).

Silberamalgame von wechselnder Zusammensetzung, zuweilen $AgHg$ (mit 35% Silber) oder Ag_2Hg_3 (mit 26,5% Silber), finden sich in oft sehr schönen Kristallen des regulären Systems (namentlich ∞ O) sowie derb, eingesprengt, in Platten, Trümmern und als Anflug bei Moschellandsberg, zu Szlana in Ungarn, Almaden.

12. Gold.

Regulär; namentlich O{111}, ∞ O ∞{100}, ∞ O{110}, auch 3 O 3{311}, ∞ O 2{210} und andere Formen; Kristalle klein und oft verzerrt; Zwillinge nach einer Fläche von O (bilden zuweilen prächtige, damastartig gestrickte Platten, deren Fäden sich sämtlich unter 60° schneiden); haar-, draht-, baum- und moosförmig in Blechen und Blättchen, sehr häufig eingesprengt und eingewachsen; sekundär im Sande der Flüsse und im aufgeschwemmten Lande als Goldstaub und Goldsand sowie in losen Körnern, Blechen und Klumpen. Bruch hakig; das dehnbarste und geschmeidigste Metall (Blattgold ist ungefähr $\frac{1}{10000}$ mm dick); H. = 2,5 (etwas weicher als Silber); G. = 15,6—19,4 (mit zunehmendem Silbergehalt abnehmend); goldgelb bis messinggelb, je silberhaltiger, desto lichter; stark glänzend; in sehr dünnen Blättchen grün durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: Gold mit mehr oder weniger (bis 40%) Silber in wechselnden, nicht durch chemische

Formeln ausdrückbaren Verhältnissen (ganz reines Gold scheint nicht vorzukommen); enthält auch fast stets Spuren von Kupfer und Eisen. Löslich in Königswasser, wobei sich Goldchlorid $AuCl_3$ bildet, welches Fingernägel und Haut purpurrot färbt; vor dem Lötrohr leicht schmelzbar, dünner Golddraht verflüchtigt sich in der Glühhitze.

Das Gold findet sich sehr verbreitet, jedoch nur selten in größerer Menge, und zwar 1. auf seiner ursprünglichen Lagerstätte (primär) fast immer an Quarz gebunden, welcher entweder in Gängen und Nestern oder in Lagern in verschiedenen Gesteinen auftritt (z. B. im Granit, Andesit, Gneis, Tonschiefer): Ungarn, Siebenbürgen, Beresowsk (Ural), Mexiko, Kalifornien, Brasilien, Peru, Südafrika (Transvaal, hier westlich von Johannesburg die reichsten Goldlagerstätten in Sandsteinen und Konglomeraten, welche, da sie aus durch ein Bindemittel wieder verkitteten Goldseifen bestehen, eigentlich nicht als primäre Lagerstätten zu bezeichnen sind); 2. als sog. Waschgold (sekundär) in den Goldseifen (aufgeschwemmtes, aus der Zerstörung des ursprünglichen goldhaltigen Gesteins hervorgegangenes Land) und im Sande vieler Flüsse: am Ural (1842 fand man in den Goldwäschen bei Miask einen Goldklumpen von 36 kg), am Altai, in Brasilien, Chile (von hier der größte bekannte Klumpen von 153 kg), Mexiko, Kalifornien, in neuerer Zeit namentlich im Klondyke-Distrikt in Nordwest-Kanada nahe der Grenze von Alaska, in Viktorialand in Australien (daselbst mehrere große Klumpen von 50 bis 92 kg), Neuseeland, Borneo, Südafrika — Donau, Rhein (namentlich bei Wittenweier und Philippsburg) Isar. Das Gold der Seifen hat sich jedoch zum Teil höchst wahrscheinlich daselbst erst aus Lösungen abgeschieden, worauf die eigentümliche löcherige Form und die Größe vieler Funde hinweist.

Die Gesamtproduktion des Goldes betrug im Jahre 1897: 359000 kg, im Jahre 1909: 684000 kg; in Europa ist Siebenbürgen das wichtigste Goldgebiet (1901 mit Ungarn 3270 kg).

Wegen seiner geringen Härte wird das Gold hauptsächlich in Legierungen mit Silber oder Kupfer, wobei es seine Geschmeidigkeit behält, zum Prägen von Münzen sowie zur Herstellung von Schmuckgegenständen und Gerätschaften angewandt. Auch überzieht man andere Metalle, Porzellan usw. mit Gold (Vergolden).

13. Platin.

Regulär; Kristalle sehr selten; $\infty O \infty \{100\}$, seltener $O\{111\}$ und $\infty O\{110\}$; meist in kleinen platten oder abgerundeten Körnern, selten in größeren Körnern und unregelmäßigen Klumpen. — Bruch hakig; geschmeidig und dehnbar; H. = 4—5; G. = 14—19 (reines Platin höher); stahlgrau ins Silberweiße; bisweilen magnetisch. — Chemische Zusammensetzung: Platin, jedoch niemals rein, in der Regel mit 5—13% Eisen,

etwas Kupfer und den „Platinmetallen" Iridium, Rhodium, Palladium, Osmium und Ruthenium; nur in Königswasser löslich unter Bildung von $PtCl_4$; schmilzt im Knallgasgebläse. — Findet sich gewöhnlich in Begleitung von Gold und den Platinmetallen, mit Chromeisenerz, Magneteisenerz, Zirkon und Korund, zuweilen auch mit Diamant, im Flußsande der Täler auf der Ostseite des Ural (Bogoslowsk, Kuschwinsk, Miask) sowie auf der Westseite (namentlich bei Nischne-Tagilsk, wo Serpentin das ursprüngliche Muttergestein war; daselbst Stücke von zirka 10 kg); ähnlich in Südamerika, auf San Domingo, in Kalifornien und auf Borneo.

Das aus dem natürlich vorkommenden gewonnene reine Platin findet wichtige Anwendung zur Herstellung von Draht und Blech sowie von Schalen und Tiegeln für chemische und physikalische Zwecke. Auch wird es zu Destillationsapparaten in Schwefelsäurefabriken benutzt.

Zweite Klasse: Schwefel-(einschließlich Arsen-)Verbindungen.

Die Mineralien dieser Klasse zerfallen in 1. Sulfide der Metalloide und Metalle (entsprechend den Oxyden) und 2. Sulfosalze (entsprechend den Oxysalzen). Einige der hierhingestellten Mineralien enthalten neben oder anstatt Schwefel Arsen.

Nach ihren äußeren Eigenschaften bezeichnet man die Mineralien dieser Klasse auch als 1. Kiese; dieselben besitzen vollkommenen Metallglanz, sind also ganz undurchsichtig, zeigen meist eine gelbe oder weiße Farbe, sind spröd und härter als Kalkspat; 2. Glanze, von metallischem Habitus, meist grau bis schwarz, mild oder geschmeidig, Härte bis zu der des Kalkspats; 3. Blenden, ohne oder mit nur unvollkommenem Metallglanz, durchsichtig bis durchscheinend, diamant- bis perlmutterglänzend, mild oder wenig spröd, Härte meist unter 3.

Erste Gruppe: Sulfide.

14. Realgar (Rauschrot).

Monoklin, häufig die Kombination $\infty P\{110\} \cdot \infty P2\{210\} \cdot 0P\{001\} \cdot P\infty\{011\}$; Fig. 147 zeigt $M = \infty P$, $l = \infty P2$, $P = 0P$, $n = P\infty$, $r = \infty P\infty\{010\}$, $s = P\{11\bar{1}\}$; die Prismenflächen herrschen meist vor, wodurch die Kristalle säulenförmig erscheinen. Kristalle einzeln aufgewachsen oder in Drusen; auch eingesprengt, als Überzug und Anflug. — Spaltbar unvollkommen nach $0P$ und $\infty P\infty$; Bruch muschelig bis uneben; mild; H. = 1,5—2; G. = 3,5; morgenrot mit einem Stich ins Gelbe; Strich orangegelb, durchscheinend, Fett- bis Diamantglanz; die optischen Achsen liegen in der Achsenebene ac. — Chemische Zusammensetzung: AsS (oder

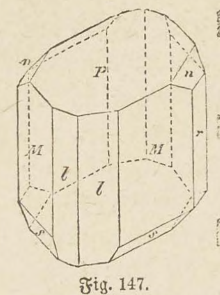


Fig. 147.

As_2S_2); im Kolben sublimiert es, auf Kohle erhitzt schmilzt es und verbrennt mit weißgelber Flamme zu SO_2 und As_2O_3; aus dem Schmelzflusse kristallisiert es leicht wieder; von Königswasser wird es unter Abscheidung von Schwefel gelöst. Die Kristalle werden im Sonnenlichte an der Luft allmählich gelb und undurchsichtig, indem sie sich in ein Gemenge von As_2S_3 und As_2O_3 verwandeln; man bewahrt sie deshalb im finstern auf.

Findet sich auf Erzgängen bei Andreasberg, Schneeberg, Joachimstal, Felsöbanya und Kapnik in Ungarn, Allchar in Mazedonien; schön kristallisiert und eingesprengt im Dolomit des Binnentals im Wallis, als Sublimat in der Solfatara bei Neapel.

Man benutzt das Realgar (sowohl das natürliche als auch namentlich das künstlich dargestellte) als Farbe, zum Entfärben des Glases sowie mit Salpeter und Schwefel gemischt in der Feuerwerkerei zur Herstellung des Weißfeuers.

15. Auripigment (Rauschgelb, Operment).

Rhombisch; hauptsächlich $\infty P\{110\}$, $\infty \breve{P}2\{120\}$, $P\infty\{101\}$ und $\infty\breve{P}\infty\{010\}$; deutliche Kristalle selten, meist säulenförmig, krummflächig; auch in traubigen, nierenförmigen und tropfsteinartigen Aggregaten, meist derb und eingesprengt. — Höchst vollkommen spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$; in dünnen Blättchen biegsam; mild; H. = 1,5—2; G. = 3,5; zitronen- bis orangegelb; Strich zitronengelb; Fett- bis Perlmutterglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: As_2S_3; sublimiert im Kolben, verbrennt vor dem Lötrohr leicht zu As_2O_3 und SO_2; löslich in Königswasser und in Kalilauge.

Das Auripigment findet sich seltener als Realgar, oft mit diesem zusammen: Andreasberg, Kapnik und Felsöbanya, Allchar, Binnental.

Natürliches wie auch namentlich künstlich dargestelltes Auripigment wird als Farbstoff und in der Glasfabrikation benutzt.

16. Antimonglanz (Antimonit, Grauspießglanz).

Rhombisch[1]; wichtige Kombinationen: $\infty P\{110\}\cdot P\{111\}$; $\infty P\cdot P\cdot$ $\infty\breve{P}\infty\{010\}$; $\infty P\cdot\frac{1}{3}P\{113\}\cdot\infty\breve{P}\infty$; Prismenwinkel nahe 90°. Kristalle langsäulen-, spieß- oder nadelförmig, vertikal gestreift; deutliche Endflächen selten; die Individuen oft gekrümmt oder sonst unregelmäßig gestaltet, in Drusen oder büschelförmig gruppiert, auch regellos durcheinandergewachsen;

[1] a : b : c = 0,9926 : 1 : 1,0179.

derb und eingesprengt, strahlig, körnig, dicht. — Spaltbar nach $\infty \breve{P} \infty$ höchst vollkommen; mild; H. = 2; G. = 4,6; undurchsichtig, bleigrau, bisweilen bunt angelaufen, auf den Spaltungsflächen lebhafter Metallglanz. — Chemische Zusammensetzung: Sb_2S_3; schmilzt schon in der Kerzenflamme, färbt die Lötrohrflamme grünlich, verbrennt und beschlägt die Kohle mit weißem Antimontrioxyd Sb_2O_3; löslich in Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff H_2S; wird von Kalilauge gelb gefärbt und gleichfalls gelöst.

Vorkommen auf Gängen und Lagern: Mobendorf bei Freiberg, Niederstriegis in Sachsen, Wolfsberg am Harz, Przibram in Böhmen, Kremnitz, Schemnitz, Felsöbanya, Auvergne (Frankreich), Korsika, Algier, Borneo, Insel Schikoku in Südjapan (hier prachtvolle, große Kristalle), China.

Aus Antimonglanz wird das Antimon im großen gewonnen (das meiste Erz liefern China, Frankreich und die Vereinigten Staaten).

17. Zinkblende (Blende).

Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch; meist $\frac{O}{2}\{111\}$ und $-\frac{O}{2}\{1\bar{1}1\}$ (oft im Gleichgewicht, ein scheinbar holoedrisches Oktaeder bildend), $\infty O\{110\}$, ein Triakistetraeder $\frac{3O3}{2}\{311\}$, $\infty O \infty\{100\}$ u. a. Die Flächen des einen Tetraeders sind meist glatt, die des andern rauh, die Flächen des Tria-

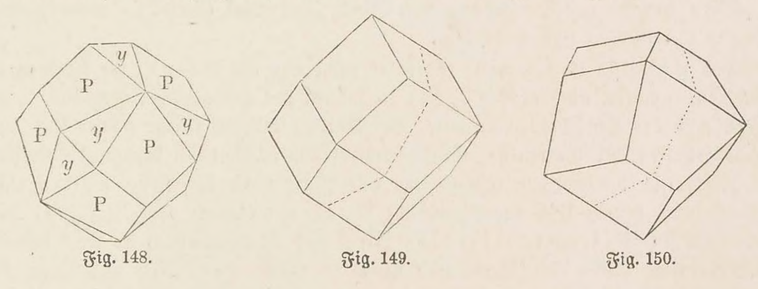


Fig. 148. Fig. 149. Fig. 150.

kistetraeders in der Regel gekrümmt. Fig. 148 stellt die für die Zinkblende charakteristische Kombination des Dodekaeders ∞O (P) mit $\frac{3O3}{2}$ (y) dar. Die Kristalle sind meist Zwillinge, anscheinend nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Oktaederfläche; dabei liegen jedoch wegen der Hemiedrie die beiden Individuen zur genannten Fläche nicht symmetrisch. Fig. 149 zeigt ein Dodekaeder, an welchem durch punktierte Linien die Lage einer Oktaeder- bzw. Tetraederfläche angegeben ist; denkt man sich, was am Modell leicht auszuführen, den Kristall nach dieser Ebene durchschnitten und die linke Hälfte gegen die rechte um die Zwillingsachse um 60° gedreht, so erhält

man den Zwilling Fig. 150. Oft auch erscheinen die Zwillinge in Form zweier aneinander- oder durcheinandergewachsener Oktaeder. Häufig derb, körnig, blätterig, faserig, auch in dichten konzentrisch schaligen Massen mit nierenförmiger oder traubiger Oberfläche (Schalenblende). — Spaltbar nach ∞O sehr vollkommen; spröd; H. = 3,5—4; G. = 3,9—4,2; an sich farblos, jedoch fast immer gefärbt, gelb, braun, schwarz, auch wohl grün oder rot; Strich meist braun oder gelb; Diamantglanz und Fettglanz; durchsichtig bis undurchsichtig; durch Reiben phosphoreszierend (besonders die von Kapnik); leitet die Elektrizität nicht. — Chemische Zusammensetzung: Zinksulfid ZnS, wozu jedoch namentlich in den dunkler gefärbten Varietäten eine geringere oder größere Menge von Ferrosulfid FeS kommt, oft auch etwas Cadmiumsulfid CdS sowie Spuren von Indium. In der braunen Schalenblende von Pierrefitte (Pyrenäen) wurde das Metall Gallium entdeckt. — Verknistert vor dem Lötrohr stark, kaum schmelzbar; gibt auf Kohle erhitzt einen gelben, in der Kälte weißen Beschlag von Zinkoxyd ZnO; löslich in konzentrierter Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel.

Findet sich häufig auf Erzgängen und Lagern, begleitet von Bleiglanz, Pyrit, Kupferkies, Quarz, Eisenspat u. a.: Freiberg, Neudorf am Harz, Stolberg bei Aachen, Ems, Przibram, Schemnitz, Kapnik, Cumberland, Cornwall, Schweden, Spanien, Nordamerika, schöne Kristalle auch im Dolomit des Binnentals.

Wird benutzt zur Darstellung von Zink, Zinksulfat ($ZnSO_4$), Schwefelsäure und zur Gewinnung von Cadmium.

Das Zinksulfid ist dimorph, indem es nicht nur als Blende in Formen des regulären, sondern auch als Wurtzit in solchen des hexagonalen Systems, hemimorph nach der Hauptachse, auftritt. Der Wurtzit umfaßt einige früher für Zinkblende gehaltene Vorkommnisse. Es ist auch gelungen, künstlich hexagonale Kristalle von Zinksulfid darzustellen. Isomorph mit Wurtzit ist der Greenockit CdS, vielleicht auch der deutlich rhomboedrische Millerit (Haar- oder Nickelkies) NiS. Anderseits sind Eisennickelkies (Fe, Ni) S und Manganblende MnS regulär. Wahrscheinlich bilden die Verbindungen ZnS, CdS, FeS, NiS und MnS eine isodimorphe Gruppe, wenn auch noch nicht alle Glieder derselben bekannt sind. Vielleicht gehören Arsennickel und Magnetkies derselben Gruppe an.

18. Arsennickel (Rotnickelkies, Kupfernickel).

Hexagonal; Kristalle (mit $P\{10\bar{1}1\}$, $\infty P\{10\bar{1}0\}$ und $0P\{0001\}$) jedoch sehr selten; gestrickt, baumförmig, kugelig und traubig, meist derb und eingesprengt. — Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 5,5; G. = 7,4—7,7; metallglänzend, licht kupferrot, dunkel anlaufend; Strich bräunlich-schwarz. — Chemische Zusammensetzung: NiAs, doch wird häufig ein Teil des Arsens durch Antimon (bis 28 %) ersetzt. Schmilzt auf

Kohle vor dem Lötrohr unter Abgabe von Arsendämpfen zu einer weißen Metallkugel; löst sich in kalter Salpetersäure zu einer grünen Flüssigkeit, während sich As_2O_3 abscheidet.

Findet sich meist mit andern Nickel- und Kobalterzen sowie mit Silbererzen zusammen auf Gängen: Schneeberg, Annaberg, Riechelsdorf in Hessen, Sangerhausen in Thüringen, Andreasberg, Mansfeld, Böhmen, Frankreich, Argentinien.

Das Arsennickel ist ein wichtiges Erz zur Gewinnung des Nickels.

Isomorph mit Arsennickel ist das zu Andreasberg gefundene Antimonnickel NiSb.

19. Magnetkies.

Hexagonal; Kristalle selten, mit den Flächen $\infty P\{10\bar{1}0\}$, $0P\{0001\}$, $P\{10\bar{1}1\}$, außerdem wohl mit $\frac{1}{2}P\{10\bar{1}2\}$ und $P2\{2\bar{1}\bar{1}2\}$, tafelförmig (die schönsten Kristalle fanden sich in einem 1821 zu Juvinas, Departement Ardèche, gefallenen Meteorstein); meist derb und eingesprengt in schaligen, körnigen bis dichten Aggregaten. — Ohne deutliche Spaltbarkeit, nach 0P sich schalig absondernd; spröd; H. = 4; G. = 4,54—4,64; metallglänzend, bronzegelb, doch meist dunkel angelaufen, Strich graulich-schwarz; magnetisch, jedoch manchmal nur sehr schwach bis unmerklich. — Chemische Zusammensetzung: Schwefeleisen, doch schwankt die Zusammensetzung zwischen Fe_5S_6 und $Fe_{16}S_{17}$ (im Mittel etwa Fe_7S_8), vielleicht als Monosulfid FeS gemengt mit etwas Disulfid FeS_2 aufzufassen; zuweilen ist ein kleiner Teil des Eisens durch Nickel (bis 7 %) ersetzt; entwickelt im Glasrohr erhitzt SO_2; schmilzt auf Kohle vor dem Lötrohr im Reduktionsfeuer zu einem grau-schwarzen magnetischen Korn; löst sich unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von Schwefel in Salzsäure; verwittert ziemlich leicht unter Bildung von $FeSO_4$ (Eisenvitriol).

Fundorte: Andreasberg, Kupferberg in Schlesien, Bodenmais in Bayern, Kongsberg in Norwegen, Fahlun in Schweden, Pennsylvanien, Sudbury-Distrikt in Kanada.

Wird benutzt zur Darstellung von Eisenvitriol, der nickelhaltige (namentlich von Kanada) bildet ein sehr wichtiges Nickelerz.

20. Kobaltnickelkies (Linneit).

Regulär; meist $O\{111\}$ mit untergeordnetem $\infty O \infty\{100\}$, auch Zwillinge nach O; derb und eingesprengt. — Spröd; H. = 5,5; G. = 4,9; rötlich-silberweiß, oft gelblich angelaufen. — Chemische Zusammensetzung: R_3S_4, worin R hauptsächlich Nickel und Kobalt in wechselndem Verhältnis; entwickelt vor dem Lötrohr SO_2; gibt mit Borax im Platindraht die blaue

Färbung des Kobalts; löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel.

Vorkommen: Müsen, Schweden, Maryland, Missouri.

21. Mangankies (Hauerit).

Regulär, pyritoedrisch-hemiedrisch; hauptsächlich O{111}, auch Kombinationen: O · ∞O∞{100}; O · ∞O{110} · $\frac{\infty O 2}{2}$ {210}. Kristalle einzeln und kugelförmig gruppiert; auch derb. — Spaltbar nach den Würfelflächen sehr vollkommen; H. = 4; G. = 3,46; dunkel rötlich-braun bis bräunlich-schwarz, Strich bräunlich-rot; metallartiger Diamantglanz, meist durch Anlaufen matt, in dünnen Blättchen etwas durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: MnS_2, ein wenig Mangan ist durch Eisen ersetzt. Im Glaskolben erhitzt, gibt die Probe Schwefel ab, der grüne Rückstand löst sich in Salzsäure; in erwärmter Salzsäure löst sich das Mineral unter Entwicklung von H_2S und Abscheidung von Schwefel.

Fundorte: Kalinka bei Neusohl in Ungarn, eingewachsen im Ton und Gips; ähnlich bei Raddusa auf Sizilien.

22. Pyrit (Schwefelkies, Eisenkies).

Regulär, pyritoedrisch-hemiedrisch, isomorph mit Mangankies; wichtigste Formen: ∞ O ∞ {100} (am häufigsten; meist nach den abwechselnden Kanten, entsprechend den längeren Kanten des Pyritoeders, gestreift), O{111}, $\frac{\infty O 2}{2}$ {210}, $\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ {321}; mannigfaltige Kombinationen (Fig. 39 bis 43); Zwillinge nach einer Fläche von ∞ O{110} (Fig. 120). Kristalle von sehr verschiedener Größe, einzeln und zu Drusen vereinigt; ferner kugelig, traubig, nierenförmig, knollig, derb und eingesprengt. Der Pyrit bildet Pseudomorphosen nach vielen Mineralien, z. B. nach Magnetkies, Kupferkies, Quarz, Flußspat, Kalkspat; sehr häufig ist er in Brauneisenstein umgewandelt. — Spaltbar nach ∞ O ∞, jedoch sehr unvollkommen; Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 6—6,5 (gibt mit dem Stahl starke Funken, daher Pyrit, *πυρίτης*); G. = 4,9—5,2; speisgelb mit ausgezeichnetem Metallglanz, oft braun angelaufen, Strich bräunlich-schwarz. — Chemische Zusammensetzung: FeS_2, manchmal gold-, silber- oder kupferhaltig; die Schwefelkiese auf den Gängen und Lagern von Freiberg enthalten bis ein 400 Millionstel Gold, bedeutend mehr z. B. diejenigen von Beresowsk (Ural); gibt beim Erhitzen im Glaskolben ein Sublimat von Schwefel; schmilzt vor dem Lötrohr unter Entwicklung von SO_2 zu einem magnetischen Korn; Salzsäure greift ihn nicht an, wohl aber Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel.

Der Pyrit ist das verbreitetste Schwefelmetall und überhaupt eines der verbreitetsten Mineralien. Er findet sich in den verschiedensten Ge-

steinen in deutlichen Kristallen und eingesprengt, auch derb in großen Massen auf Gängen und Lagern; spielt auf fast allen Erzlagerstätten eine mehr oder weniger bedeutende Rolle. Steter Begleiter des Goldes auf allen Lagerstätten desselben. Besonders schöne Kristalle auf den Eisenerzlagern von Elba, von Traversella und Brosso in Piemont, Waldenstein in Kärnten, im Dolomit des Binnentals, zu Freiberg und an andern Orten. Häufig in Stein- und Braunkohlen.

Dient hauptsächlich zur Gewinnung von Schwefel sowie zur Darstellung von Schwefelsäure, Eisenvitriol und Alaun.

23. Markasit (Strahlkies, Wasserkies).

Rhombisch[1]; wichtigste Formen: $p = \infty P\{110\}$, $q' = \frac{1}{3}\breve{P}\infty\{013\}$, $q = \breve{P}\infty\{011\}$ (Fig. 151), außerdem häufig $\bar{P}\infty\{101\}$, $P\{111\}$ und $0P\{001\}$; Zwillinge nach einer Fläche von ∞P erscheinen als speerspitzen- oder hahnenkammförmige Gebilde (Speer- und Kammkies), auch Zwillingsbildung nach $\bar{P}\infty$; ferner in kugeligen, traubigen, nierenförmigen und tropfsteinartigen Gruppen sowie in Aggregaten von faseriger Struktur (Strahlkies); in Pseudomorphosen nach Magnetkies, Eisenglanz, Flußspat, Kalkspat u. a.; oft derb und eingesprengt, manchmal als Versteinerungsmittel organischer Reste. — Spaltbar nach ∞P undeutlich, Bruch uneben; spröd; H. = 6—6,5; G. = 4,65—4,88; graulich speisgelb, anlaufend, Strich grünlich-grau. — Chemische Zusammensetzung: FeS_2 (also übereinstimmend mit der des Schwefelkieses: Eisendisulfid ist dimorph). Chemisches Verhalten wie beim Schwefelkies; der Markasit verwittert unter Umständen sehr leicht unter Bildung von Eisenvitriol.

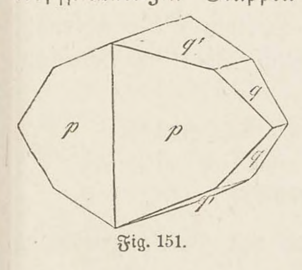


Fig. 151.

Findet sich weniger häufig, auch nicht in so großen, zusammenhängenden Massen wie Schwefelkies: Klaustal, Freiberg, Annaberg, Przibram und Littmitz in Böhmen, Derbyshire.

Verwendung wie beim Schwefelkies.

24. Arsenkies (Mißpickel).

Rhombisch, isomorph mit Markasit (wenngleich die entsprechenden Winkel ziemlich voneinander abweichen); hauptsächlich treten auf $\infty P\{110\}$, $\frac{1}{4}\breve{P}\infty\{014\}$ (gestreift parallel der Brachydiagonale), $\frac{1}{2}\breve{P}\infty\{012\}$, $\breve{P}\infty\{011\}$ und $\bar{P}\infty\{101\}$; gewöhnlichste Kombination: $\infty P \cdot \frac{1}{4}\breve{P}\infty$ (Fig. 152).

[1] a : b : c = 0,7662 : 1 : 1,2342.

Häufig Durchwachsungszwillinge nach einer Fläche von $P\infty$, seltener Zwillinge nach ∞P. Kristalle meist kurz säulenförmig bis tafelartig, einzeln eingewachsen oder aufgewachsen und zu Drusen vereinigt; auch derb, in körnigen oder stengeligen Massen. Spaltbar nach ∞P unvollkommen; Bruch uneben; spröd; H. = 5,5 bis 6; G. = 6,1; metallglänzend, silberweiß, aber meist grau und gelb angelaufen, Strich schwarz. — Chemische Zusammensetzung: FeSAs (oder $FeS_2 + FeAs_2$); ein Teil der Arsenkies-Analysen führt zu der vorstehenden Formel, während die davon abweichend zusammengesetzten Varietäten als isomorphe Mischungen von FeSAs mit FeS_2 oder mit $FeAs_2$ aufgefaßt werden können; in manchen wird ein Teil des Eisens durch Kobalt ersetzt (Danait). Im Kolben erhitzt, gibt der Arsenkies ein braunes Sublimat von Schwefelarsen; auf Kohle vor dem Lötrohr schmilzt er zu einer schwarzen magnetischen Kugel; löslich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und As_2O_3.

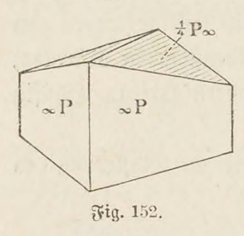


Fig. 152.

Findet sich auf Gängen, besonders mit Zinnstein und Silbererzen, auch eingesprengt: Freiberg, Munzig bei Meißen, Hohenstein bei Chemnitz, Joachimstal, Przibram, Reichenstein in Schlesien, Sala in Schweden, Cornwall.

Dient zur Gewinnung von Arsen, Arsentrioxyd und Schwefelarsen.

25. Kobaltglanz (Glanzkobalt).

Regulär, pyritoedrisch-hemiedrisch, isomorph mit Pyrit; gewöhnlich O{111}, $\infty O \infty$ {100} (mit dreifacher Streifung) und Kombinationen: $O \cdot \frac{\infty O2}{2}$ {210}; $\infty O \infty \cdot \frac{\infty O2}{2}$. Kristalle meist eingewachsen; auch derb, körnig, stengelig und eingesprengt. — Spaltbar nach $\infty O \infty$ vollkommen, spröd; H. = 5,5; G. = 6,0—6,1; starker Metallglanz; rötlich silberweiß, oft grau angelaufen, Strich grauschwarz. — Chemische Zusammensetzung: CoSAs; meist sind einige Prozent Kobalt durch Eisen ersetzt; gibt im Kolben erhitzt kein Sublimat, schmilzt auf Kohle vor dem Lötrohr unter Entwicklung von Arsengeruch zu einer schwach magnetischen Kugel; gibt mit Borax die Kobaltreaktion; löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und As_2O_3 mit roter Farbe.

Wenig verbreitet: Tunaberg in Södermanland (Schweden), Skutterud bei Modum in Norwegen, Querbach in Schlesien, Siegen, Daschkessan im Kaukasus (hier ein bis zwei Fuß mächtiges Lager).

Dient zur Darstellung der schönen blauen Farbe (Smalte), die auf den sog. Blaufarbenwerken bereitet wird.

26. Speiskobalt.

Regulär, pyritoedrisch-hemiedrisch, isomorph mit Pyrit und Kobaltglanz; meist O{111} und ∞O∞{100}, letzterer oft mit gekrümmten Flächen; Kristalle in Drusen vereinigt; gestrickt (wobei sich kleine Kristalle nach gewissen Richtungen, z. B. nach den drei Achsen, parallel aneinanderlagern), traubig, nierenförmig, derb und eingesprengt, körnig bis dicht. — Spaltbarkeit kaum bemerkbar, Bruch uneben; spröd; H. = 5,5; G. = 6,37—7,3 (auf die wechselnde Zusammensetzung hindeutend); frisch mit starkem Metallglanz; zinnweiß bis licht stahlgrau, aber meist dunkelgrau oder bunt angelaufen, Strich graulich-schwarz. — Chemische Zusammensetzung: $CoAs_2$, wenigstens darf diese als die Formel des normalen Speiskobalts betrachtet werden; indes ist stets ein geringerer oder größerer Teil des Kobalts durch Eisen und Nickel, sowie in der Regel eine geringe Menge Arsen durch Schwefel ersetzt, so daß die allgemeine Formel $(Co, Fe, Ni)(As, S)_2$ ist. Im Glasrohr erhitzt, gibt er ein Sublimat von As_2O_3; schmilzt auf Kohle vor dem Lötrohr unter Entwicklung von Arsengeruch leicht zu einer weißen oder grauen magnetischen Kugel; gibt mit Borax die Kobaltreaktion; löst sich in Salpetersäure mit roter Farbe unter Abscheidung von As_2O_3.

Der Speiskobalt ist das verbreitetste Kobalterz. Findet sich besonders auf Gängen zu Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Riechelsdorf in Hessen, Andreasberg am Harz, Dobschau in Ungarn, in Cornwall, Nordamerika.

Verwendung wie beim Kobaltglanz; als Nebenprodukte liefert er noch Nickel und Arsentrioxyd.

27. Kupferglanz.

Rhombisch[1]; gewöhnlichste Kombinationen: $0P\{001\} \cdot \infty P\{110\} \cdot \infty \bar{P} \infty \{010\}$; $0P \cdot \frac{1}{3}P\{113\} \cdot \frac{2}{3}\breve{P}\infty\{023\}$. Fig. 153 zeigt einen flächenreicheren Kristall mit $p = \infty P$, $c = 0P$, $o = P\{111\}$, $o' = \frac{1}{3}P$, $q = 2\breve{P}\infty\{021\}$, $q' = \frac{2}{3}\breve{P}\infty$, $b = \infty\breve{P}\infty$. Derselbe ähnelt sehr einem hexagonalen, da das Prisma p einen nur wenig von 120° verschiedenen vorderen Winkel besitzt, also p und b sich fast unter gleichen Winkeln schneiden; wie diese einem hexagonalen Prisma, so gleichen o und q einer hexagonalen Pyramide, und o′ und q′ einer solchen mit kürzerer Hauptachse. Zwillingsbildung sehr häufig, meist nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche von ∞P. Kristalle meist dicktafelartig oder kurzsäulenförmig, einzeln aufgewachsen oder zu Drusen verbunden; meist derb, eingesprengt, körnig, in Platten und Knollen; in

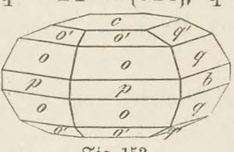


Fig. 153.

[1] a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9706.

Pseudomorphosen nach Kupferkies und Bleiglanz. — Spaltbar nach ∞P, jedoch sehr unvollkommen, Bruch muschelig bis uneben; sehr mild; H. = 2,5—3; G. = 5,5—5,8; schwärzlich bleigrau, Strich schwarz, geringer Metallglanz. — Chemische Zusammensetzung: Cuprosulfid Cu_2S, ein kleiner Teil des Kupfers ist durch Eisen vertreten; färbt in Salzsäure getaucht die Flamme schön blau; schmilzt vor dem Lötrohr leicht und gibt auf Kohle mit Soda ein Kupferkorn; löst sich in erwärmter Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel.

Kommt meist mit andern Kupfererzen zusammen auf Gängen und Lagern sowie eingesprengt vor: Freiberg, Siegen, Saalfeld, Mansfeld, Frankenberg in Hessen (die sog. Frankenberger Kornähren sind kleine Zweige und Zapfen von Koniferen, welche durch Kupferglanz vererzt sind), Kapnik, Cornwall, Norwegen, Ural, Bristol in Connecticut.

Der Kupferglanz ist eines der reichsten Kupfererze (der ganz reine mit 79,85 % Kupfer).

28. Silberglanz (Glaserz).

Regulär; wichtigste Formen: ∞O∞{100}, O{111}, ∞O{110}; Kristalle meist verzerrt und verbogen, in Drusen oder zu Reihen und treppenförmigen Gruppen verbunden; auch (ähnlich wie gediegenes Silber) in Drähten, Zähnen, Blechen und Platten; endlich als Anflug, derb und eingesprengt; in Pseudomorphosen nach Silber. — Bruch uneben und hakig, geschmeidig wie Blei (läßt sich zu Münzen prägen); H. = 2—2,5 (läßt sich schneiden); G. = 7,3; schwärzlich bleigrau, oft schwarz oder braun angelaufen; schwach metallglänzend, im Strich glänzender. — Chemische Zusammensetzung: Ag_2S; schmilzt vor dem Lötrohr auf Kohle leicht und verwandelt sich nach einiger Zeit in ein Silberkorn; löst sich in konzentrierter Salpetersäure; Salzsäure erzeugt in der Lösung einen weißen Niederschlag von Chlorsilber.

Findet sich auf Gängen mit andern Silbererzen, mit gediegenem Silber, Gold u. a.: Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Schemnitz, Kremnitz, Kongsberg, Mexiko, Nevada, Peru, Chile.

Der Silberglanz ist eines der wichtigsten und reichsten Silbererze (mit 87 % Silber).

29. Bleiglanz (Galenit).

Regulär; gewöhnlich ∞O∞{100}, O{111} (beide selbständig), ∞O{110}, selten 2O{221}, 2O2{211} u. a. Häufigste Kombinationen: ∞O∞·O (oft als Mittelkristall, Fig. 12) und O·∞O∞·∞O (Fig. 19). Zwillinge nach einer Oktaederfläche (Fig. 116). Kristalle groß und klein, oft verzerrt oder mit unebenen, gekrümmten Flächen, meist auf-

gewachsen und zu Drusen vereinigt; in Pseudomorphosen nach Pyromorphit und Kalkspat; auch gestrickt, traubig, derb und eingesprengt, grob- bis feinkörnig und dicht (Bleischweif), erdig (Bleimulm). — Spaltbar nach $\infty O \infty$ sehr vollkommen, mild; H. = 2,5; G. = 7,3—7,6; bleigrau, zuweilen bunt angelaufen, Strich graulich-schwarz, mit starkem Metallglanz. — Chemische Zusammensetzung: PbS, oft mit etwas Silber, selten bis 1 %. Verknistert auf Kohle vor dem Lötrohr stark, schmilzt bei langsamem Erhitzen unter Ausscheidung von Blei, während sich auf der Kohle ein weißer Beschlag ($PbSO_4$) und ein gelber (PbO) bildet; in konzentrierter Salpetersäure löslich unter Abscheidung von Schwefel.

Sehr verbreitet auf Lagern und Gängen sowie eingesprengt in vielen älteren und jüngeren Gesteinen (im Gneis, Tonschiefer, Kalkstein, Sandstein usw.): Freiberg, Annaberg, Klaustal, Zellerfeld, Neudorf, Müsen, Siegen, Bleiberg bei Commern (Eifel), Ems, Münstertal in Baden, Tarnowitz, Bleiberg in Kärnten, Przibram, Derbyshire, Cumberland, Insel Man, Sierra Nevada in Spanien, Nordamerika (Missouri, Illinois, Iowa, Wisconsin).

Der Bleiglanz ist das häufigste und wichtigste Bleierz. Bei hinreichendem Silbergehalt wird er zugleich auf Silber verarbeitet. Auch dient er zur Herstellung der Glasur auf gewöhnlichen Töpferwaren (Glasurerz).

Hier sei erwähnt der dem Graphit (und Blei) äußerlich ähnliche Molybdänglanz MoS_2; hexagonal in sechsseitigen Tafeln oder biegsamen Blättchen; sehr vollkommen spaltbar nach 0P; H. = 1—1,5; G. = 4,8; rötlich bleigrau, metallglänzend; fühlt sich fettig an und färbt ab. Auf Zinnsteingängen (Erzgebirge), im Granit und Gneis (Norwegen), große Kristalle in Kanada.

30. Zinnober (Cinnabarit).

Hexagonal[1], trapezoedrisch-tetartoedrisch (s. S. 34), wodurch die Protopyramiden als Rhomboeder erscheinen. Fig. 154 stellt einen Kristall mit folgenden häufig auftretenden Flächen dar: $c = 0R\{0001\}$, $m = \infty R\{10\bar{1}0\}$, $r = R\{10\bar{1}1\}$, $\frac{r}{3} = \frac{1}{3}R\{10\bar{1}3\}$. Kristalle meist tafelförmig wegen der vorwaltenden Basis, klein und zu Drusen vereinigt; in der Regel derb, faserig, körnig, erdig, als Anflug; auch in Pseudomorphosen nach Pyrit, Fahlerz und Dolomit. — Spaltbar nach ∞R ziemlich vollkommen, Bruch uneben; mild; H. = 2—2,5; G. = 8,1; cochenillerot, Strich scharlachrot; Diamantglanz, durchscheinend bis undurchsichtig, zirkularpolarisierend. — Chemische Zusammensetzung: HgS; im Glaskolben erhitzt, sublimiert er;

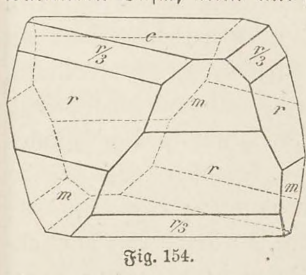


Fig. 154.

[1] a : c = 1 : 1,1453.

beim Erhitzen in der offenen Glasröhre zersetzt er sich zum größeren Teil, indem Quecksilber frei wird und der Schwefel verbrennt; unlöslich in Salpeter- und Salzsäure, löslich in Königswasser.

Kommt auf Gängen und Lagern in verschiedenen Gesteinen (Tonschiefer, Sandstein, Serpentin u. a.), auch eingesprengt vor: Moschellandsberg in Rheinbayern, Olpe in Westfalen, Hartenstein in Sachsen, Horzowitz in Böhmen, Idria, Slovenka in Ungarn, am reichlichsten bei Almaden in Spanien und Neu-Almaden in Kalifornien, Mexiko, China, Japan. Ein inniges Gemenge von Zinnober mit Bitumen und erdigen Stoffen, welches besonders in Idria vorkommt, wird als Quecksilberlebererz (das krummschalige auch als Korallenerz) bezeichnet. Es ist braun bis schwarz, im Strich rotbraun bis schwarz.

Der Zinnober ist das wichtigste Erz zur Gewinnung des Quecksilbers. Der als Farbe dienende Zinnober wird künstlich dargestellt, z. B. so, daß man Quecksilber und Schwefel innig mengt und das entstandene schwarze Pulver der Sublimation unterwirft.

Zweite Gruppe: Sulfosalze.

31. Kupferkies.

Quadratisch, sphenoidisch-hemiedrisch, mit einem dem regulären sehr nahestehenden Achsenverhältnis ($a:c = 1:0,9856$); häufigste Kombination (Fig. 155) $o = \frac{P}{2}\{111\}$, $-o = -\frac{P}{2}\{1\bar{1}1\}$ (das eine Sphenoid erscheint glänzend, das andere matt); andere wichtige Kombinationen sind: $\frac{P}{2} \cdot -\frac{P}{2} \cdot \infty P \infty \{100\}$; $\frac{P}{2} \cdot -\frac{P}{2} \cdot 0P\{001\} \cdot 2P\infty\{201\} \cdot P\infty\{101\}$. Einfache Kristalle selten, meist Zwillingskristalle, und zwar nach einer Fläche von P (ähnlich Fig. 116, doch wegen der Hemiedrie unsymmetrisch) oder von $P\infty$; auch Durchwachsungszwillinge nach 0P mit parallelen Achsen, wobei die ungleichnamigen Sphenoidflächen beider Individuen parallel liegen (ähnlich Fig. 119).

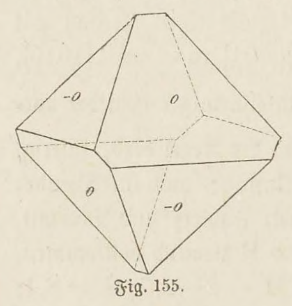


Fig. 155.

Kristalle meist klein, selten gut ausgebildet, oft stark verzerrt, einzeln aufgewachsen oder zu Drusen vereinigt; in der Regel derb und eingesprengt, auch traubig, nierenförmig und knollig. Pseudomorphosen nach Kupferglanz und Fahlerz. — Spaltbar nach $2P\infty$ unvollkommen, Bruch muschelig bis uneben; etwas spröd; H. = 3,5—4; G. = 4,2; messinggelb mit einem Stich ins Grüne, oft braun oder bunt angelaufen, Strich grünlich-schwarz. — Chemische Zusammensetzung: $CuFeS_2$, aufzufassen als Cuprosulfoferrit (kann auch geschrieben werden $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$).

zerknistert vor dem Lötrohr und färbt sich dunkler, kleine Proben schmelzen auf Kohle zu einer magnetischen schwarzen Kugel; löst sich in Königswasser, schwieriger in Salpetersäure, unter Abscheidung von Schwefel.

Findet sich sehr häufig mit andern Erzen (Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Eisenspat) auf Gängen und Lagern in verschiedenen Gebirgsformationen: Freiberg, Annaberg, Goslar, Klaustal, Mansfeld, Müsen, Siegen, Dillenburg, Kupferberg in Schlesien, Bodenmais, Schlaggenwald in Böhmen, Ungarn, Cornwall, Fahlun, New York, Maryland, Kanada, Kalifornien, Mexiko, Chile.

Der Kupferkies ist, wenn auch nicht sehr kupferreich, doch wegen seines häufigen Vorkommens das wichtigste Erz zur Gewinnung des Kupfers. Auch wird er zur Bereitung des Kupfervitriols verwandt.

32. Buntkupfererz.

Regulär; $\infty O \infty$ {100}, selbständig und in Kombination mit O {111}; Zwillinge nach einer Oktaederfläche; Kristalle jedoch selten, meist derb und eingesprengt, in Platten, Knollen und angeflogen; in Pseudomorphosen nach Kupferglanz. — Spaltbar nach O, kaum merkbar; Bruch muschelig bis uneben, mild; H. = 3; G. = 4,9—5,1; tombakbraun, aber nur auf ganz frischem Bruch, läuft schnell bunt, namentlich blau und rot, an (wahrscheinlich infolge leichter Oxydierbarkeit des vorhandenen Schwefeleisens); Strich schwarz; schwacher Metallglanz. — Chemische Zusammensetzung: Cu_3FeS_3, Cuprosalz der Säure H_3FeS_3 (kann auch geschrieben werden $3\,Cu_2S \cdot Fe_2S_3$). Dieser Formel entsprechen jedoch nur die kristallisierten Varietäten; die häufigeren derben sind größtenteils mechanische Gemenge, besonders mit Kupferglanz. Obige Formel erfordert einen Kupfergehalt von 55,6 %, während derselbe in gewissen derben Varietäten bis auf 71 % steigt (der Kupferkies enthält nur 34,5 %). Läuft auf Kohle vor dem Lötrohr dunkel an, wird nach dem Erkalten rot, schmilzt nicht so leicht wie Kupferkies und liefert eine stahlgraue Kugel; im Glasrohr erhitzt, entwickelt es SO_2; mit Salzsäure befeuchtet, färbt es die Flamme blau; löst sich in konzentrierter Salzsäure unter Abscheidung von Schwefel.

Findet sich ähnlich, doch seltener wie Kupferkies: Freiberg, Annaberg, Sangerhausen, Mansfeld, Kupferberg, Mürtschenalp in Glarus, Cornwall, Toskana, Chile, Bolivia, Pennsylvanien, Massachusetts, Kanada, Mexiko.

Wird auf Kupfer verarbeitet.

33. Antimonsilberblende (dunkles Rotgiltigerz).

Hexagonal[1] rhomboedrisch; Fig. 156 stellt die einfache Kombination von $r = R\,\{10\bar{1}1\}$ mit $p = \infty P2\,\{11\bar{2}0\}$ dar; fernere wichtige Formen sind:

[1] a : c = 1 : 0,7892.

$-\frac{1}{2}R\{01\bar{1}2\}$, $\infty R\{10\bar{1}0\}$, $\frac{1}{4}R\{10\bar{1}4\}$, die Skalenoeder $R3\{31\bar{2}1\}$ und $\frac{1}{4}R3\{3\bar{1}\bar{2}4\}$. Hemimorph nach der Hauptachse, was namentlich daraus hervorgeht, daß das Protoprisma ∞R gewöhnlich nur mit drei abwechselnden Flächen als trigonales Prisma auftritt (s. S. 38). Kristalle meist säulenförmig, auch skalenoedrisch durch Vorwalten von R3, sehr selten an beiden Enden ausgebildet, einzeln aufgewachsen und in Drusen; häufig derb, eingesprengt, dendritisch, angeflogen. Zwillingsbildung nach mehreren Gesetzen, z. B. nach einer Fläche von $\frac{1}{4}R$. Spaltbar nach R ziemlich vollkommen; Bruch muschelig bis uneben; etwas mild; H. = 2—2,5; G. = 5,8; dunkel cochenillerot bis bleigrau, Strich heller cochenillerot bis kirschrot; metallartiger Diamantglanz, kantendurchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Ag_3SbS_3, Silbersulfantimonit (kann auch geschrieben werden $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$), mit fast 60 % Silber. Verknistert im Kolben, schmilzt leicht und gibt ein braunrotes Sublimat von Schwefelantimon; hinterläßt, auf Kohle mit Soda im Reduktionsfeuer erhitzt, ein Silberkorn; löst sich in Salpetersäure unter Hinterlassung von Schwefel und Sb_2O_3.

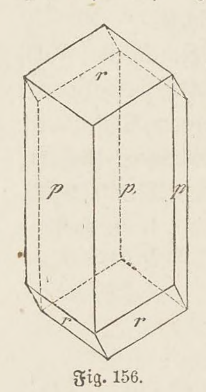


Fig. 156.

Antimonsilberblende ist ein wichtiges und häufiges Silbererz und findet sich (oft zusammen mit Arsensilberblende) auf Gängen: Andreasberg, Freiberg, Joachimstal in Böhmen, Schemnitz und Kremnitz, Kongsberg, Chile, Mexiko, Nevada.

34. Arsensilberblende (lichtes Rotgiltigerz).

Hexagonal[1] rhomboedrisch, isomorph mit Antimonsilberblende, womit sie auch hinsichtlich der Ausbildung der Kristalle, der Zwillingsbildung, Spaltbarkeit und Härte nahe übereinstimmt. G. = 5,57; licht cochenillerot, Strich scharlach- bis zinnoberrot; Diamantglanz, stark durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: Ag_3AsS_3, Silbersulfarsenit (kann auch geschrieben werden $3Ag_2S \cdot As_2S_3$). Schmilzt im Kolben leicht und gibt ein geringes Sublimat von Schwefelarsen: auf Kohle vor dem Lötrohr entwickelt sie SO_2 und Arsendämpfe und hinterläßt ein Metallkorn (lichtes Rotgiltigerz ist schwerer zu reduzieren als dunkles); löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und As_2O_3.

Seltener als Pyrargyrit. Kommt vor zu Freiberg, Annaberg, Marienberg, Schneeberg, Joachimstal, Przibram, Wittichen in Baden, in Spanien, Mexiko, Chile, Nevada.

[1] $a : c = 1 : 0{,}8038$.

35. Bournonit.

Rhombisch; eine häufige Kombination ist $0\,P\{001\} \cdot \bar{P}\infty\{101\} \cdot \breve{P}\infty\{011\} \cdot \frac{1}{2}P\{112\}$, auch mit $\infty P\{110\}$, $\infty\bar{P}\infty\{100\}$ und $\infty\breve{P}\infty\{010\}$. Kristalle meist dicktafelartig; sehr häufig in Zwillingen nach einer Fläche von ∞P, auch wiederholte Zwillingsbildung sowie Vierlinge; derb, eingesprengt und angeflogen. — Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$ unvollkommen, Bruch uneben bis muschelig; spröd; H. = 2,5—3; G. = 5,8; dunkel bleigrau; stark metallglänzend. — Chemische Zusammensetzung: $PbCuSbS_3$, Blei-Cuprosulfantimonit (kann auch geschrieben werden $2PbS \cdot Cu_2S \cdot Sb_2S_3$). Schmilzt auf Kohle vor dem Lötrohr leicht, gibt einen weißen Antimonbeschlag und einen gelben von Bleioxyd. In Salpetersäure löst er sich mit blauer Farbe, wobei sich Schwefel und Sb_2O_3 abscheiden.

Findet sich mit Bleiglanz, Eisenspat, Fahlerz, Kupferkies u. a. zusammen auf Erzgängen: Horhausen (Rheinprovinz), Neudorf, Klaustal, Andreasberg, Bräunsdorf bei Freiberg, Przibram, Kapnik, Cornwall, Mexiko, Peru.

Wichtiges Blei- und Kupfererz.

36. Fahlerz.

Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch; gewöhnlichste Form: $\frac{O}{2}\{111\}$, selbständig und in Kombination mit $-\frac{O}{2}\{1\bar{1}1\}$, $\infty O\{110\}$, $\infty O\infty\{100\}$, $\frac{2O2}{2}\{211\}$ (Fig. 28, 29, 31, 32), nicht selten auch die in Fig. 157 dargestellte kompliziertere Kombination: $t = \frac{O}{2}$, $i = \frac{2O2}{2}$, $-i = -\frac{2O2}{2}\{2\bar{1}1\}$, $d = \infty O$. Sehr häufig Zwillinge nach dem bei der Zinkblende herrschenden Gesetze; selten Durchwachsungszwillinge mit parallelen Achsen, wobei die positiven Tetraederflächen des einen Individuums den negativen des andern parallel liegen. Dabei treten wohl aus den positiven Tetraederflächen des größeren Kristalls die Ecken des kleineren hervor. Sind beide Individuen gleichgroß, so entstehen Formen ähnlich Fig. 118; die Tetraederkanten kreuzen sich rechtwinklig, und der beiden Individuen gemeinsame Kern ist ein Oktaeder. Manchmal sind die Kristalle mit Kupferkies überzogen. Häufig derb und eingesprengt. — Spaltbarkeit kaum wahrnehmbar, Bruch kleinmuschelig; spröd; H. = 3—4; G. = 4,36—5,36 (schwankend wegen der sehr wechselnden Zusammensetzung); stahlgrau (fahl) bis eisenschwarz, Strich rötlich-grau bis schwarz; die Kristallflächen stark metallglänzend. — Chemische Zusammensetzung der zahlreichen Varietäten sehr abweichend und verschieden gedeutet. Die Fahlerze enthalten Kupfer, Schwefel, Antimon oder Arsen, in wechselnder Menge aber auch Zink, Eisen, Silber, Quecksilber. Wahrscheinlich stellen sie meist Mischungen mehrerer Sulfosalze

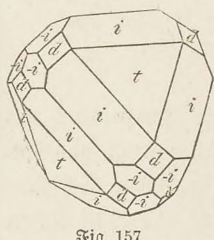


Fig. 157.

dar. Man unterscheidet 1. dunkle oder Antimonfahlerze; sie enthalten kein Quecksilber, der Silbergehalt ist aber häufig ein beträchtlicher (1—17 und selbst 32 %, Silberfahlerz); 2. lichte oder Arsenfahlerze; sie enthalten kein Silber und kein Quecksilber, die Mehrzahl auch kein Zink; 3. Antimonarsenfahlerze, enthalten Antimon und Arsen in den verschiedensten Verhältnissen, Silber meist nur in geringer Menge, einige auch ein wenig Wismut und Kobalt; 4. Quecksilberfahlerze, dies sind Antimonfahlerze, in welchen ein zuweilen beträchtlicher Teil von Kupfer durch Quecksilber ersetzt ist (der Quecksilbergehalt steigt bis zu 17 %). Der Kupfergehalt der Fahlerze schwankt zwischen 33—52 %, Blei ist darin nur sehr selten enthalten. Fahlerz raucht vor dem Lötrohr stark und schmilzt auf Kohle leicht zu einer Kugel, wobei sich gewöhnlich ein weißer Antimonbeschlag bildet. Der Arsengeruch tritt besonders deutlich auf, wenn man die Probe mit Soda auf Kohle im Reduktionsfeuer schmilzt; löslich in Salpetersäure unter Abscheidung von Sb_2O_3, bzw. As_2O_3, und Schwefel.

Fahlerz gehört zu den häufigsten Erzen und findet sich meist mit andern Erzen zusammen auf Gängen: Freiberg, Klaustal, Andreasberg, Dillenburg, Horhausen, Müsen, Przibram, Brixlegg und Schwaz in Tirol, Kapnik, Cornwall, Chile, Nordamerika.

Wird auf Kupfer und zum Teil auf Silber verarbeitet.

Dritte Klasse: Sauerstoffverbindungen.

Erste Gruppe: Oxyde.

37. Wasser.

Flüssig. G. = 1 (rein und bei 4° C., bei welcher Temperatur das Wasser seine größte Dichtigkeit erreicht); beim Meerwasser steigt das spezifische Gewicht bis auf 1,028. Fast farblos, nur in dicken Schichten grünlich-blau, was man schon beim Durchblicken durch eine 2 m lange, mit destilliertem Wasser gefüllte Röhre bemerkt; im reinen Zustande geschmack- und geruchlos; erstarrt bei 0° C. und vergrößert dabei sein Volumen fast um $\frac{1}{10}$; siedet bei einem Luftdruck von 76 cm bei 100° C., verdunstet bei jeder Temperatur. — Chemische Zusammensetzung: H_2O, jedoch ist das natürliche Wasser nie vollkommen rein, sondern enthält stets gasförmige Körper (Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd), sowie feste (die Karbonate und Sulfate von Calcium und Magnesium, Chlormagnesium, Natriumsulfat und Natriumnitrat, Chlornatrium u. a.) in Lösung. Als hartes Wasser bezeichnet man solches, welches viel Calciumsalze

enthält. Das Meerwasser verdankt dem hohen Gehalte an aufgelösten Salzen seinen salzig-bittern Geschmack. Der Salzgehalt des Meeres beträgt im freien Ozean durchschnittlich $3\frac{1}{2}$%, er ist geringer in Binnenmeeren, in welche viele Flüsse münden, wie im Schwarzen Meere (2%), größer in geschlossenen Binnenmeeren, die eine sehr starke Verdunstung haben, wie im Mittelmeere (4%). Das Salz des Atlantischen Ozeans enthält in 100 Teilen 78,5 Chlornatrium, 9,4 Chlormagnesium, 6,4 Magnesiumsulfat, 4,4 Calciumsulfat, 1 Chlorkalium, 0,17 Brommagnesium, 0,04 Calciumkarbonat. Sehr hoch ist der Salzgehalt abflußloser Seen, wie des Toten Meeres (spez. Gewicht = 1,21). Mineralwasser bzw. Mineralquellen sind Wasser, welchen man wegen gewisser in ihnen enthaltenen Stoffe, auch wegen ihrer höheren Temperatur, heilkräftige Wirkungen zuschreibt. Nach den vorherrschend darin enthaltenen Stoffen bezeichnet man sie als Schwefelquellen, Kochsalzquellen, Stahlquellen, Säuerlinge (stark kohlensäurehaltig) usw.

38. Eis (Schnee, Reif, Hagel).

Hexagonal, wahrscheinlich rhomboedrisch; häufig beobachtet man hexagonale Prismen mit Basis; Eisplatten bestehen aus Kristallindividuen, deren Hauptachsen sämtlich senkrecht zur Platte stehen. Als besondere Formen des Eises sind zu nennen: Eisblumen, Glatteis (in dünnen Krusten), Eiszapfen, Grundeis, Eisschollen, Eisfelder, Eisberge, Firn- und Gletschereis (körnig). Der Reif wird von hexagonalen Tafeln oder Nadeln gebildet. Die Schneekristalle stellen entweder sechsseitige Platten oder komplizierte, aus feinen Nadeln und Plättchen zusammengefügte Sterne dar, wobei die Haupt- und Nebenstrahlen stets Winkel von 60° (bzw. 120°) bilden (Fig. 158). Der Hagel fällt entweder in regelmäßigen Kugeln, oder, und zwar meist, in pyramidenförmigen Stücken mit kugelförmig gerundeter Basis. Wahrscheinlich sind die letzteren Teile gesprengter Kugeln. Hagelkörner von der Größe einer Faust und darüber bestehen aus mehreren vereinigten Kugeln und Pyramiden, ihre Oberfläche ist deshalb unregelmäßig höckerig. Wahrscheinlich findet die Bildung des Hagels unter Mitwirkung der Elektrizität statt. — Spaltbarkeit nicht wahrnehmbar, Bruch muschelig; mild. Das Eis besitzt eine gewisse Plastizität, infolge deren es bei Anwendung eines genügenden Druckes in Formen oder durch Öffnungen hin-

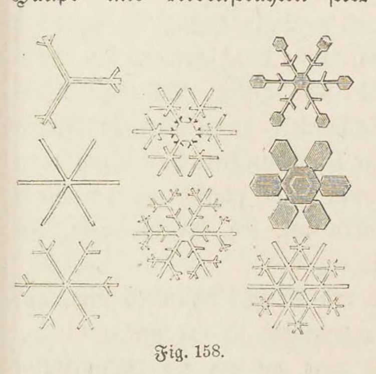


Fig. 158.

durch gepreßt werden kann. Auch kann man durch Druck Schnee in kompaktes Eis verwandeln sowie zwei Eisstücke zu einem Stücke vereinigen. Diese Erscheinungen beruhen auf der sog. Regelation des Eises und werden dadurch erklärt, daß die infolge des Druckes entstehenden oder schon vorher vorhandenen einzelnen Eisstücke oberflächlich schmelzen, weil der Gefrierpunkt des Wassers durch den Druck erniedrigt wird, und hierauf, indem das entweichende Wasser rings um das gepreßte Eis wieder gefriert, zu einem Stück verbunden werden. Das Eis besitzt außerdem die Eigenschaft, infolge eines äußeren, senkrecht zur Hauptachse wirkenden Druckes eine Verschiebung der dem Drucke ausgesetzten Teile bzw. ein Gleiten derselben nach der Basisfläche zu erleiden, welche Erscheinung man als Translation bezeichnet. Die Regelation in Verbindung mit der Translation erklärt auch die Fähigkeit der Gletscherströme, bei ihrer Bewegung allen Krümmungen, Windungen, Verengerungen und Erweiterungen des Tales zu folgen. H. = 1,5; G. = 0,918 bei 0°. In kleinen Stücken farblos, in großen hingegen grünlich-blau; Glasglanz, vollkommen durchsichtig, Doppelbrechung schwach. Schmilzt bei 0°, unter starkem Druck schon bei niedrigerer Temperatur; so gelang es, Eis von —18° durch einen Druck von ungefähr 13000 Atmosphären flüssig zu machen. — Chemische Zusammensetzung: H_2O, rein und ohne die im Wasser gelösten Salze, welche beim Gefrieren ausgeschieden werden. Der kleine Salzgehalt des Meereises rührt von Blasen ungefrorenen Wassers her, welche im Eise eingeschlossen sind.

39. Arsenikblüte (Arsenolith).

Regulär; O{111} (schöne Kristalle erhält man durch Verdunstenlassen einer Auflösung von Arsentrioxyd in Salzsäure); meist in kristallinischen Krusten, auch als haarförmiger, flockiger und mehliger Anflug. — Spaltbar oktaedrisch; H. = 1,5; G. = 3,7; farblos, weiß; durchscheinend bis durchsichtig; von süßlichem, herbem Geschmack (sehr giftig, Rattengift). — Chemische Zusammensetzung: As_2O_3. Sublimiert im Kolben in kleinen Oktaedern, gibt auf Kohle vor dem Lötrohr Knoblauchgeruch. Treibt man den Dampf von As_2O_3 im engen, an einem Ende zugeschmolzenen Glasrohre über erhitzte Holzkohle, so erhält man den sog. Arsenspiegel. In Wasser schwer, in Salzsäure leicht löslich.

Findet sich als Verwitterungsprodukt mit Arsen, Arsenkies usw. auf Gängen: Andreasberg, Joachimstal, Schwarzenberg in Sachsen.

Das mannigfach angewandte Arsentrioxyd wird auf den sog. Arsenikhütten durch Rösten arsenhaltiger Erze gewonnen.

Die Verbindung As_2O_3 ist dimorph; sie findet sich auch in Kristallen des monoklinen Systems und wird dann Claudetit genannt. Teilweise

isomorph mit As_2O_3 ist Antimontrioxyd Sb_2O_3, welches als Senarmontit (u. a. bei Sansa in Constantine) in Oktaedern und als Valentinit in rhombischen Kristallen auftritt.

40. Quarz.

Hexagonal[1] und zwar trapezoedrisch-tetartoedrisch (s. S. 34); infolgedessen zerfallen die hexagonalen Protopyramiden in je zwei Rhomboeder, die Deuteropyramiden in je zwei trigonale Pyramiden und die dihexagonalen Pyramiden in je vier trigonale Trapezoeder. Die Quarzkristalle zeigen in der Regel $r = R\{10\bar{1}1\}$ in Kombination mit $r' = -R\{01\bar{1}1\}$ (Fig. 159), meist mit $m = \infty R\{10\bar{1}0\}$ (Fig. 160; außerdem zeigen die

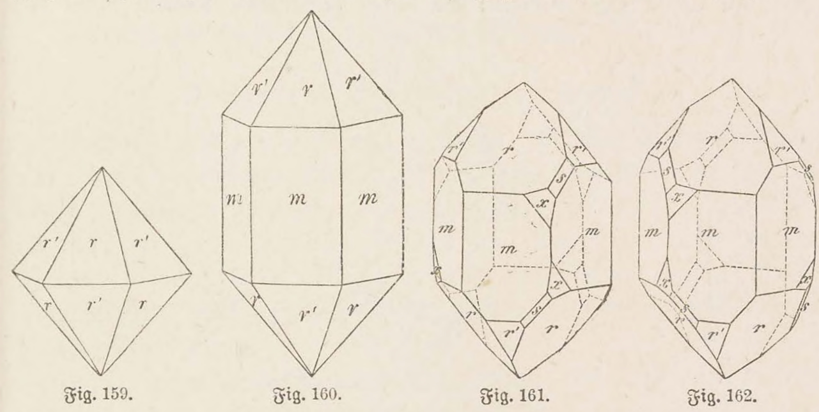


Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162.

Fig. 114a und b zwei häufig auftretende Verzerrungen dieser dreizähligen Kombination). Oft herrscht R mehr oder weniger gegen —R vor.

Als häufige Flächen sind noch zu nennen: $s = \frac{2P2}{4}$ (trigonale Pyramide) und $x = \frac{6P\frac{6}{5}}{4}$ (Trapezoeder). Je nach der Lage von s und x unterscheidet man zweierlei Quarzkristalle, welche enantiomorph sind und deshalb als rechte oder linke bezeichnet werden. Fig. 161 stellt einen rechten dar; derselbe zeigt R, —R und ∞R; ferner $\frac{2P2}{4}\{11\bar{2}1\}$ (als rechte trigonale Pyramide) nur rechts von R, desgleichen $x\{51\bar{6}1\}$ (als rechtes positives Trapezoeder) nur rechts. Fig. 162 stellt einen linken Kristall dar; derselbe zeigt ebenfalls R, —R und ∞R, dagegen $\frac{2P2}{4}\{2\bar{1}\bar{1}1\}$ (als linke trigonale Pyramide), sowie $x\{6\bar{1}\bar{5}1\}$ (als linkes positives Trapezoeder) nur links von R. Die Flächen m weisen sehr oft eine horizontale

[1] a : c = 1 : 1,0999.

Streifung auf, diejenigen von s eine solche parallel der Kombinationskante r : s. Bemerkenswert ist, daß die Basis 0 R{0001} nur äußerst selten am Quarz beobachtet wurde.

Häufig verwachsen zwei rechte oder zwei linke Kristalle in der Weise miteinander, daß das eine Individuum gegen das andere um die bei beiden parallele Hauptachse um 60° gedreht ist (vgl. Fig. 163 a und b); dadurch fallen die Flächen R des einen in das Niveau der Flächen —R des andern, vorausgesetzt, daß R und —R gleich stark ausgedehnt sind. Fig. 164 stellt eine solche Verwachsung zweier rechten Kristalle dar; die Flächen r′ sind punktiert, um anzudeuten, daß dieselben häufig matt oder doch weniger glänzend sind als die Flächen r. Seltener als derartige Verwachsungen beobachtet man beim Quarz (namentlich beim Amethyst) Zwillingskristalle, welche aus einem rechten und einem linken Individuum mit parallelen Achsenkreuzen bestehen; die beiden verbundenen Kristalle stehen sym-

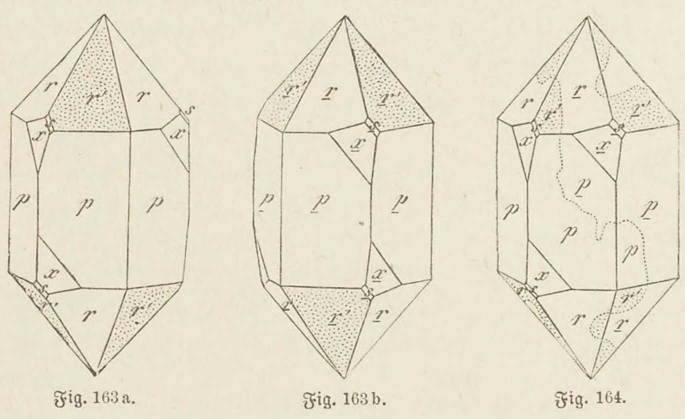


Fig. 163 a. Fig. 163 b. Fig. 164.

metrisch zueinander nach einer Fläche des Deuteroprismas $\infty P 2 \{11\bar{2}0\}$. Nach gewissen Fundorten hat man das erste Zwillingsgesetz auch das dauphineer, das andere das brasilianische genannt.

Die sehr verschieden großen Kristalle — auf Madagaskar fand man wasserhelle von 8 m im Umfange, in einer Granithöhle am Tiefengletscher im Kanton Uri 1868 riesige fast schwarze sog. Morionen, von welchen der größte bei 69 cm Höhe und 122 cm Umfang 133 kg wog — sind teils einzeln auf- und eingewachsen, teils in Drusen und Gruppen vereinigt. Außer in Kristallen auch in stengeligen und faserigen Aggregaten, am häufigsten derb, körnig bis dicht; in Pseudomorphosen nach vielen Mineralien, z. B. Flußspat, Gips, Kalkspat, Baryt; als Versteinerungsmaterial; in Geschieben, Geröllen und als Sand. — Spaltbarkeit kaum merklich, Bruch muschelig bis splitterig; H. = 7; G. = 2,5—2,8 (rein 2,65); farblos, nicht selten wasserhell, häufiger gefärbt: weiß, grau, gelb, braun, schwarz, rot, grün; Glasglanz bis Fettglanz, vollkommen durchsichtig bis kantendurchscheinend und undurchsichtig; optisch einachsig, positiv mit schwacher Doppel-

brechung (Brechungsquotienten s. S. 73), zirkularpolarisierend, die rechten Kristalle rechts-, die linken linksdrehend. — Chemische Zusammensetzung: Siliciumdioxyd oder Kieselsäure-Anhydrid SiO_2, entweder vollkommen rein oder durch geringe färbende Beimengungen (Eisenoxyd u. a.) verunreinigt; vor dem Lötrohr unschmelzbar, im Knallgasgebläse leicht schmelzbar zu einer amorphen Masse (Quarzglas, G. = 2,2), aus welcher in neuerer Zeit chemische Gerätschaften hergestellt werden; nur löslich in Flußsäure sowie in geschmolzenen ätzenden oder kohlensauren Alkalien.

Beim Erhitzen auf 570° geht der Quarz (α-Quarz) unter geringer Änderung seiner optischen und Winkelverhältnisse in eine andere, ebenfalls hexagonale Modifikation (β-Quarz) über, welche vielleicht der trapezoedrischen Hemiedrie angehört. Bei der Abkühlung bildet sich wieder der erstere.

Man unterscheidet eine große Zahl von Varietäten; die wichtigeren sind:

I. Deutlich kristallisierter Quarz.

a) Bergkristall; entweder in schönen, oft sehr großen Kristallen oder in Geschieben und Geröllen (Rheinkiesel); wasserhell oder hell bis dunkel rauchbraun (Rauchquarz oder Rauchtopas), pechschwarz (Morion, s. oben), weingelb (Citrin). Umschließt häufig Chlorit, Turmalin, Epidot, Rutil, Eisenglanz sowie eine wässerige Flüssigkeit oder Tröpfchen einer sehr expansibeln Substanz, welche als komprimiertes Kohlendioxyd erkannt wurde.

Findet sich an zahlreichen Orten in Höhlungen, Drusenräumen (namentlich in den sog. Kristallhöhlen oder Kristallkellern) und auf Spalten des Gesteins (Granit, kristallinische Schiefer, Sandstein, Marmor), auch lose im Flußsande: Alpen, Marmarosch in Ungarn (hier die ringsum ausgebildeten wasserhellen „Marmaroscher Diamanten"), Carrara (im Marmor), Jerischau in Schlesien, Dauphiné, Madagaskar usw. In der Schweiz werden auch eigentümlich gewundene Bergkristalle und Rauchquarze gefunden.

b) Amethyst; meist charakterisiert durch die stengeligen, dicht zusammengedrängten Kristalle, welche vorwiegend R und —R frei ausgebildet zeigen, zuweilen auch in fast ringsum ausgebildeten Kristallen; auch derb und in Geschieben; hauptsächlich hell bis dunkel violett (beim Erhitzen in gelb übergehend) oder grau bis braun gefärbt.

Findet sich auf Mandelräumen im Melaphyr, auf Gängen und als Geschiebe; Oberstein a. d. Nahe, Zillertal, Schemnitz, Ceylon, Brasilien.

c) Gemeiner Quarz; zeigt fast nur die Formen R, —R und ∞R; in derben, oft großen Massen, eingesprengt, körnig und dicht (Quarzit, Quarzfels), als Gerölle, Sand und Sandstein; das häufigste Mineral und ein

wesentlicher Gemengteil sehr verbreiteter Eruptivgesteine und kristallinischer Schiefer. Hierzu stellt man u. a. den *Rosenquarz* (rosenrot, derb: Zwiesel in Bayern, Sibirien), *Milchquarz* (milchweiß, derb: Hohnstein bei Pirna, Grönland), *Avanturin* (gelb, rot oder braun, mit Glimmerschüppchen erfüllt oder von vielen kleinen Rissen durchzogen, mit goldartigem Schimmer, derb: Steiermark, Schottland, Ural), *Katzenauge* (grünlich-grau, von parallelen Amiantfasern durchwachsen, in kleinen abgerundeten Geschieben: Treseburg im Harz, Ceylon, Ostindien), das ihm ähnliche braune *Tigerauge* vom Kap, *Eisenkiesel* (mit rotem oder gelbem Eisenocker innig gemengter, deutlich kristallisierter oder körniger Quarz, undurchsichtig: Iserlohn, Santiago de Compostela). Die sog. *Blitzröhren* sind entstanden durch Einschlagen des Blitzes in Sand, wobei derselbe zusammensinterte. Sie erreichen oft eine beträchtliche Länge und teilen sich in der Regel in mehrere Zweige.

Bergkristall, Rauchtopas, Citrin, Amethyst, Rosenquarz, Avanturin, Katzen- und Tigerauge finden Anwendung als Schmucksteine (Halbedelsteine) oder werden zu mancherlei Zieraten verarbeitet. Der gemeine Quarz dient u. a. zur Glas- und Porzellanfabrikation und als Zuschlag bei hüttenmännischen Prozessen, als Form- und Bausand; der Sandstein liefert Bau-, Mühl- und Schleifsteine.

II. Ausschließlich dichter Quarz.

a) *Hornstein*; derb, kugelig, oft als Versteinerungsmittel von Holz (*Holzstein*); gelblich, grau, braun, grün; Bruch muschelig oder splitterig; kantendurchscheinend: Freiberg, Johanngeorgenstadt, Chemnitz, am Kyffhäuser.

b) *Kieselschiefer*; derbe, oft mehr oder weniger deutlich schiefrige Massen; gelblich, grau, der edlere durch Kohle schwarz gefärbt und häufig von weißen Quarzadern durchzogen (Probierstein); bildet ganze Gebirgslager im Tonschiefer und Kalkstein, findet sich auch häufig als Geschiebe in Flüssen: Harz, Sachsen, Bayern, Schlesien (wegen eines im Altertum bekannten Fundortes in Lydien lydischer Stein oder Lydit genannt).

c) *Jaspis*; derb, knollig und kugelig; Bruch muschelig (die Bruchflächen haben einen eigentümlichen matten Schimmer); undurchsichtig, wachsglänzend bis matt; durch Eisenoxyd rot oder durch Eisenhydroxyd gelb bis braun gefärbt. Man unterscheidet *gemeinen Jaspis* (auf Erz-, besonders Eisensteingängen, z. B. in Sachsen) und *Kugeljaspis* (feuersteinartige Kugelbildungen, bei Kandern in Baden sowie in großer Menge unter den Geröllen der Libyschen Wüste — sog. Nilstein). Der verschiedenfarbig gestreifte sog. *Bandjaspis* (Harz, Ural) ist kein Quarz, sondern von feldspatähnlicher Zusammensetzung; der *Porzellanjaspis* ist ein gebrannter Ton aus dem Stein- oder Braunkohlengebirge.

Der Kieselschiefer findet Anwendung beim Straßenbau; der Probierstein dient zur Ermittelung des Gold- und Silbergehaltes von Legierungen; Holzstein und Jaspis werden zu architektonischen Verzierungen, Tischplatten usw. verarbeitet.

An die besprochenen Varietäten des Quarzes schließen sich noch einige Mineralien an, welche man früher als aus einer vom Quarz abweichenden kristallinischen Modifikation von SiO_2 bestehend betrachtete. In Wirklichkeit handelt es sich dabei jedoch im wesentlichen auch nur um Quarzsubstanz, die sich wohl meist ursprünglich als Kolloid ausgeschieden hatte, dann aber allmählich in feinkristallinischen Zustand überging. Insbesondere zeigt der hierhin gehörige Chalcedon unter dem Mikroskop eine Zusammensetzung aus sehr feinen Fasern. Im Feuerstein ist noch wasserhaltiges Siliciumdioxyd (Opalsubstanz) innig beigemischt. Der Achat unterscheidet sich vom gewöhnlichen Chalcedon durch den besonders deutlichen Aufbau aus sehr dünnen, oft verschieden gefärbten Schichten (gestreifter Chalcedon), ist aber außerdem mit Amethyst bzw. deutlich kristallisiertem Quarz verbunden. Im Gegensatz zu letzterem werden Chalcedon und Feuerstein von kochender Kalilauge stark angegriffen.

a) Chalcedon; traubig, nierenförmig, tropfsteinartig, in Platten und schaligen Überzügen, als Versteinerungsmittel, als Geschiebe; Bruch muschelig und splitterig; weiß, grau, blau, gelb, braun, rot, grün; halbdurchsichtig bis undurchsichtig, schwachglänzend oder schimmernd. Als Varietäten sind zu nennen: Gemeiner Chalcedon (stark durchscheinend, meist bläulich- oder grau-weiß: Oberstein, Färöer, Island), Karneol (fleischrot, blutrot: Indien, Arabien), Chrysopras (durch Nickeloxydul grün gefärbt: Kosemütz), Heliotrop (lauchgrün mit roten Punkten: Orient). Die sog. Enhydros aus Uruguay sind zum Teil mit Wasser angefüllte Chalcedonmandeln, aus dem sie ursprünglich umschließenden Gestein ausgewittert.

b) Achat; besteht, wie bemerkt, aus abwechselnden, oft verschieden gefärbten Lagen von Chalcedon sowie von diesem und von Amethyst oder andern Varietäten des Quarzes; im ersteren Falle sind die abwechselnden Schichten auch sonst verschieden (porös oder ohne Poren). Findet sich in kugel- oder mandelförmigen Stücken, welche nicht selten mehrere Zentner schwer sind (Achatmandeln), als Ausfüllung der Blasenräume im Melaphyr, ferner auf Gängen im Gneis und Porphyr. Sind die abwechselnden Schichten deutlich verschieden gefärbt, so treten auf der Schlifffläche mannigfache schöne Zeichnungen hervor. Bei dem in den Handel kommenden Achat ist die Färbung meist künstlich hervorgebracht (z. B. schwarz durch längeres Einlegen in Honig und nachheriges Behandeln mit Schwefelsäure, blau durch Tränken mit Blutlaugensalz und Kochen in Eisenvitriollösung; dabei nehmen nur die porösen Schichten die Farbe an, die zwischenliegenden,

nichtporösen, bleiben ungefärbt). Nach der Art der Zeichnung unterscheidet man Festungsachat, Bandachat, Wolkenachat, Punktachat usw. Beim Onyx wechseln schwarze und weiße, beim Sardonyx rote und weiße Schichten. Oberstein, Ungarn, Brasilien, Uruguay.

c) Feuerstein (Flint); in Knollen, Platten und Lagern in der Kreideformation, als Versteinerungsmaterial, als Geschiebe; solange er seine Bergfeuchtigkeit besitzt, kann man ihn durch Hammerschläge in beliebige Formen bringen; Bruch muschelig; G. = 2,6; graulich- und gelblich-weiß, gelb, braun, rot, rauchgrau bis schwarz, mit einer weißen, durch Verwitterung entstandenen Rinde; schwachglänzend bis matt, durchscheinend bis kantendurchscheinend; umschließt oft organische Reste: Norddeutschland, Champagne, England.

Chalcedon und Achat werden (namentlich zu Oberstein und Idar im Fürstentum Birkenfeld) zu Schmucksachen, Petschaften, Mörsern usw. verschliffen. Aus Onyx und Sardonyx wurden schon im Altertum Kameen und Gemmen hergestellt. Der Feuerstein wurde von den alten Völkern zu Pfeilspitzen, Beilen usw. verarbeitet. Die aus ihm hergestellten Flintensteine sind seit Anfang des vorigen Jahrhunderts außer Gebrauch gekommen, auch zum Feuerschlagen mittels Stahl wird der Feuerstein wohl kaum mehr benutzt.

Tridymit (τρίδυμος, Drilling) ist ein gleichfalls aus SiO_2 bestehendes Mineral, welches wahrscheinlich rhombisch mit mehrfacher Zwillingsbildung kristallisiert und in Form meist kleiner, scheinbar hexagonaler Tafeln im Trachyt gefunden wird. Fundorte: Siebengebirge, Euganeen.

41. Opal[1].

Amorph; in derben glasartigen Massen; eingesprengt; zuweilen traubig, nierenförmig, knollig. Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 5,5 bis 6,5; G. = 1,9—2,3; farblos, meist gefärbt; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Siliciumdioxyd SiO_2 mit Wasser, meist 3—13%, doch auch mehr; wohl als eingetrocknete Kieselgallerte zu betrachten, mit kleineren oder größeren Beimengungen anderer Substanzen, namentlich von Eisenoxyd und Eisenhydroxyd. Gibt, im Kolben erhitzt, Wasser ab; schmilzt nicht vor dem Lötrohr; löst sich in heißer Kalilauge. Als einige wichtige Varietäten sind zu nennen:

a) Edler Opal; derb, eingesprengt; bläulich- oder gelblich-weiß, glänzend, halbdurchsichtig bis durchscheinend; mit lebhaftem Farbenspiel, namentlich in Grün, Rot und Blau (s. S. 84). Findet sich in Schnüren

[1] Der Opal, obgleich wasserhaltig, erhält zweckmäßig hier seine Stelle, da er bei dem stark schwankenden Wassergehalt nicht als eine bestimmte Kieselsäure aufgefaßt werden kann.

und Nestern im Trachyttuff (Opalmutter) bei Czerwenitza in Ungarn, in Guatemala, Mexiko, in einem Sandstein in Queensland.

b) Feueropal; derb, eingesprengt; hyazinthrot, honig- bis weingelb, starkglänzend, halbdurchsichtig: Zimapan in Mexiko, Telkibanya in Ungarn, Färöer.

c) Gemeiner Opal; derb, eingesprengt, als Überzug, knollig und tropfsteinartig; weiß, gelb, grau, grün, rot und braun; fettglänzend, halbdurchsichtig bis durchscheinend: Freiberg, Hubertusburg in Sachsen, Hanau, Kosemütz in Schlesien, Ungarn.

d) Halbopal; erscheint ähnlich dem vorigen; auch als versteinertes Holz (Holzopal); weiß, grau, gelb, braun, rot; schwach fettglänzend bis schimmernd, durchscheinend bis undurchsichtig: Kosemütz, Hohentwiel am Bodensee, Ungarn.

e) Hyalit (ὕαλος, Glas; Glasopal); bildet meist traubige und tropfsteinartige Überzüge; durchsichtig, farblos, glasglänzend; enthält 3 % Wasser: Waltsch in Böhmen, Jordansmühl in Schlesien, Hanau, Kaiserstuhl.

f) Kieselsinter; traubig, tropfsteinartig, als Überzug; graulich- und gelblich-weiß bis grau; kantendurchscheinend bis undurchsichtig; matt; setzt sich aus heißen Quellen ab: Island, Kamtschatka, Neuseeland, Nordamerika (Yellowstone-Gebiet).

Der edle Opal ist ein sehr geschätzter Schmuckstein. Sein Wert hängt von der Schönheit des Farbenspiels ab. Man gibt ihm beim Schleifen eine gerundete Oberfläche. Auch der Feueropal, der gemeine Opal und der Halbopal finden Anwendung zur Herstellung von Schmucksachen, Petschaften, Dosen usw.

Anhangsweise seien hier erwähnt: Kieselgur (Bergmehl, staubartig, weiß oder grau, undurchsichtig) und Polierschiefer (Tripel; derbe, dünnschiefrige Massen; geblich, weiß, grau; klebt an der Zunge), welche gleichfalls aus amorphem wasserhaltigem Siliciumdioxyd bestehen. Sie sind organischen Ursprungs, indem sie hauptsächlich aus Kieselpanzern von Infusorien (Diatomeen) bestehen. Kieselgur findet sich zu Franzensbad bei Eger, Berlin, Oberohe in der Lüneburger Heide, Polierschiefer bei Bilin in Böhmen, in Hessen, Sachsen. Tripel (terra Tripolitana) kommt über Tripolis aus Nordafrika in den Handel. Polierschiefer und Tripel werden zum Polieren und Schleifen benutzt. Auch Kieselgur findet mannigfache Verwendung, z. B. als Zusatz zu Nitroglycerin (Dynamit), zur Darstellung von Wasserglas usw.

42. Zinnstein.

Quadratisch[1]; einfache und gewöhnliche Kombinationen: $\infty P \{110\} \cdot P \{111\}$; $\infty P \cdot \infty P \infty \{100\} \cdot P \cdot P \infty \{101\}$. Fig. 165 zeigt $m = \infty P$, $o = P$, $p = \infty P \infty$, $o' = P \infty$, $p^3 = \infty P 3 \{310\}$; sehr selten die Basis $0 P \{001\}$; Kristalle meist kurzsäulenförmig, die Prismenflächen oft vertikal

---

[1] $a : c = 1 : 0{,}6723$.

gestreift; gewöhnlich Zwillingsbildung nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche von P ∞ (s. S. 54 und Fig. 121), oft wiederholte und mehrfache Zwillingsbildung. Kristalle ein- und aufgewachsen, zu Drusen vereinigt; auch derb, in körnigen Aggregaten, eingesprengt, in Geschieben und losen Körnern (Seifenzinn); Pseudomorphosen nach Orthoklas. — Spaltbar unvollkommen nach ∞ P und ∞ P ∞; spröd; H. = 6 bis 7; G. = 6,9; meist gelblich-, rötlich- oder schwärzlich-braun bis pechschwarz, selten gelblich-weiß bis weingelb oder hyazinthrot; Strich weißlich; Diamantglanz oder Fettglanz, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Zinndioxyd oder Zinnsäure-Anhydrid SnO_2, meist durch etwas Eisenoxyd verunreinigt. Vor dem Lötrohr auf Kohle mit Soda zu Zinn reduzierbar; wird von Säuren nicht angegriffen. — Auf Gängen sowie eingesprengt im Granit, Porphyr, Trachyt, besonders begleitet von bor- und fluorhaltigen Mineralien (Turmalin, Flußspat, Apatit, Topas, Zinnwaldit): sächsisch-böhmisches Erzgebirge (Zinnwald, Altenberg, Geier, Ehrenfriedersdorf, Graupen, Schlaggenwald), Cornwall und Devonshire, Galizien in Spanien, Bretagne, Bolivia; als Seifenzinn auf der Halbinsel Malakka und den Inseln Banka, Billiton und Karimon, in Australien.

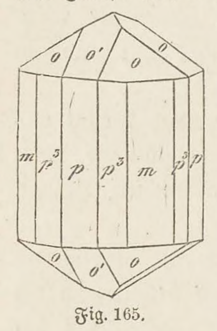


Fig. 165.

Der Zinnstein ist das einzige zur Gewinnung des Zinns dienende Erz.

43. Rutil.

Quadratisch, isomorph mit Zinnstein (Fig. 165); sehr häufig in Zwillingen (Fig. 121). Kristalle säulenförmig, die Prismenflächen meist stark vertikal gestreift; oft nadel- und haarförmig; auf- und eingewachsen. Besonders interessant sind die Rutilkristalle auf Eisenglanztafeln; sie liegen mit einer Fläche ∞ P ∞ {100} auf der Basis 0 R {0001} des Eisenglanzes und sind dabei so orientiert, daß ihre Hauptachse fast genau einer Zwischenachse desselben parallel geht. Es kommt auch vor, daß die Rutilkristalle gleichsam in den Eisenglanz eingesenkt sind. Derb und eingesprengt, in körnigen Aggregaten, auch in Körnern und Geschieben. — Spaltbar vollkommen nach ∞ P {110} und ∞ P ∞, Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 6—6,5; G. = 4,25; fuchsrot, blutrot, gelblich-braun, schwarz (Nigrin); Strich gelblich-braun; metallartiger Diamantglanz, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Titandioxyd oder Titansäure-Anhydrid TiO_2, gewöhnlich mit etwas Eisenoxyd. Vor dem Lötrohr unschmelzbar und unveränderlich; wird von Säuren nicht angegriffen. — Meist in kristallinischen Schiefern (Gneis, Glimmerschiefer) sowie als lose Kristalle und Geschiebe: St. Gotthard, Pfitschtal in Tirol, Binnental im Wallis, St.-Yrieux bei Limoges, Arendal, Graves-Mountain in Georgia, Brasilien, Ural; Nigrin bei Olahpian in Siebenbürgen.

Gleichfalls aus Titandioxyd bestehen die weniger häufigen Mineralien Anatas und Brookit. Der Anatas kristallisiert quadratisch, jedoch in Formen, welche

nicht auf das Achsenverhältnis des Rutils bezogen werden können (gewöhnlich spitze Pyramide mit dem Randkantenwinkel 136½°, doch auch sehr flächenreiche Kristalle); nur in Kristallen, meist einzeln aufgewachsen; spaltbar nach P{111} und 0P{001} vollkommen; H. = 5,5—6; G. = 3,89; schwarz, honiggelb bis braun; metallartiger Diamantglanz, halbdurchsichtig bis undurchsichtig. Fundorte: Tavetsch (Graubünden), Maderanertal (Uri), Binnental (hier ausgezeichnete Kristalle), Minas Geraes in Brasilien. Der Brookit, noch seltener als der Anatas, kristallisiert im rhombischen System; Kristalle meist dünntafelig nach ∞P̄∞{100}; G. = 3,97. Fundorte: Maderanertal, Bourg d'Oisans, Arkansas. Vgl. auch S. 89.

44. Zirkon (und Hyazinth).

Quadratisch, isomorph mit Zinnstein und Rutil; meist in den Kombinationen ∞P{110}·P{111} und ∞P∞{100}·P (Fig. 59), letztere auch mit 3P3{311} (Fig. 61); Kristalle säulenförmig oder pyramidal, ein- und aufgewachsen; in Körnern. — Bruch muschelig bis uneben; H. = 7,5; G. = 4,5; rot, braun, orange (Hyazinth), auch grau, gelb, grün, selten farblos; Glas- oder Fettglanz, durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Zirkon- und Siliciumdioxyd $ZrO_2 \cdot SiO_2$. Schmilzt nicht vor dem Lötrohr, Hyazinth entfärbt sich beim Erhitzen; wird von Säuren fast gar nicht angegriffen. — Findet sich in eruptiven Gesteinen (im Syenit, Granit, Basalt u. a.), auch im Chloritschiefer, sowie als Geschiebe: Siebengebirge, Niedermendig bei Andernach, Meronitz in Böhmen, Pfitschtal (Tirol), Norwegen, Miask am Ural, Ceylon.

Der durchsichtige und schöngefärbte Zirkon wird als Edelstein benutzt.

45. Korund (Sapphir, Rubin, Smirgel).

Hexagonal rhomboedrisch[1]; gewöhnlich die Kombinationen R $\{10\bar{1}1\}$ · 0R {0001}; ∞P2 $\{11\bar{2}0\}$ · 0R; ∞P2 · 0R · R; häufig auch verschiedene Deuteropyramiden, wie $\frac{4}{3}$P2 $\{22\bar{4}3\}$, 4P2 $\{22\bar{4}1\}$ u. a. Kristalle eingewachsen und lose, als Geschiebe und in Körnern; derb, in körnigen Aggregaten. Zwillingsbildung nach einer Fläche von R, dabei sind die Kristalle von Zwillingslamellen durchsetzt. — Bruch muschelig bis splitterig; H. = 9; G. = 3,9—4; farblos und verschieden gefärbt, namentlich blau (Sapphir) und rot (Rubin); Glasglanz, durchsichtig bis fast undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Aluminiumoxyd (Tonerde) Al_2O_3, mit geringen Beimischungen färbender Stoffe. Vor dem Lötrohr unschmelzbar, unlöslich in Säuren, dagegen aufschließbar mit saurem Kaliumsulfat. Als Varietäten sind zu nennen:

a) Edler Korund; Sapphir, durchsichtig, blau, — Rubin, durchsichtig, rot; meist in losen Kristallen und Körnern: Ceylon, Birma Siam, Miask. Das Muttergestein ist hauptsächlich Gneis und körniger Kalkstein; Sapphir kommt auch im Basalt von Unkel am Rhein vor.

---

[1] a : c = 1 : 1,3653.

b) **Gemeiner Korund** (Diamantspat); durchscheinend bis fast undurchsichtig; grau, braun, rötlich, bläulich; in Kristallen, Körnern und derben Massen: Wolfshau im Riesengebirge, Piemont, Miask, Ceylon, China; auf der Culsagee-Grube, Nordkarolina, in über 150 kg schweren Kristallen.

c) **Smirgel**; feinkörnig bis dicht; bläulich-grau, braun; durch Magneteisen und Eisenoxyd verunreinigt; lagerartig in großen Massen in kristallinischen Schiefern und körnigem Kalkstein: Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen, auf Naxos, Kleinasien, Chester in Massachusetts.

Sapphir und Rubin, insbesondere der dunkelfarbige Rubin, sind sehr geschätzte Edelsteine. Durch Schmelzen von feinverteilter Tonerde in einer Knallgasflamme erhält man (mit dem natürlichen vollkommen übereinstimmenden) künstlichen farblosen Korund oder bei Zusatz von Chromoxyd oder andern färbenden Stoffen Rubin und Sapphir. Diese, zu billigem Preise zu erhaltenden „synthetischen Edelsteine" übertreffen wohl die natürlichen Steine an Schönheit und Größe. Diamantspat und Smirgel liefern gestoßen und geschlemmt ein wegen seiner großen Härte vorzügliches Schleifmaterial. Auch dient der Korund zu Zapfenlagern für die Spindeln feiner Uhren.

46. Eisenglanz (Roteisenerz, Roteisenstein).

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Korund; R $\{10\bar{1}1\}$ erscheint selbständig, häufiger jedoch in Kombinationen: R · 0R $\{0001\}$; R · $\frac{1}{4}$R $\{10\bar{1}4\}$ · ∞P2 $\{11\bar{2}0\}$; 0R · R · ∞P2. Fig. 166 zeigt r = R, r′ = $\frac{1}{4}$R und die Deuteropyramide p = $\frac{4}{3}$P2 $\{22\bar{4}3\}$. Die Kristalle besitzen meist rhomboedrischen oder (bei vorherrschendem 0R) tafelartigen Habitus. Die Basis ist oft dreiseitig gestreift (über die auf- oder eingewachsenen Rutile

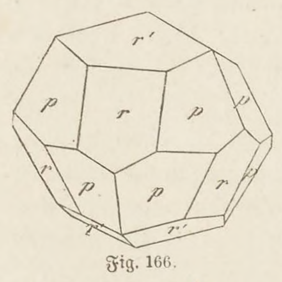


Fig. 166.

s. S. 136). Häufig derb, mit faseriger und schaliger Absonderung, körnig und schuppig, dicht und erdig; in Pseudomorphosen nach Kalkspat und Magnetit, als Roteisenerz auch nach Pyrit, Eisenspat u. a. — Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 5,5—6,5; G. = 5,2 (bei Roteisenerz beide geringer); eisenschwarz bis stahlgrau, auch blut- oder kirschrot bis rotbraun; Strich blut- oder kirschrot, bräunlich-rot. — Chemische Zusammensetzung: wesentlich Eisenoxyd Fe_2O_3; löst sich in kochender Salzsäure nur sehr langsam.

Man unterscheidet folgende Varietäten:

a) **Eisenglanz**; kristallisiert, auch derb, körnig bis dicht, in mächtigen Lagern; eisenschwarz bis stahlgrau, oft bunt angelaufen; Metallglanz, undurchsichtig. Findet sich in kristallinischen Schiefern sowie in eruptiven Ge-

steinen: Elba, Traversella in Piemont, St. Gotthard, Tavetsch, Altenberg in Sachsen, Norwegen, Schweden, als Sublimationsprodukt am Vesuv und Ätna.

b) Eisenglimmer; dünne Blättchen, Schuppen und derbe Massen von feinschaliger Zusammensetzung; stark glänzend, rötlich durchscheinend. Zusammen mit Eisenglanz, vertritt zuweilen den Glimmer im Granit, Gneis und Glimmerschiefer: Mähren, Ungarn, Brasilien. Der sog. Eisenrahm ist eine kirschrote, halbmetallischglänzende, feinschuppige Masse, welche sich fettig anfühlt und stark abfärbt: Suhl, Schönmünzach im Murgtal.

c) Roteisenerz; feinkristallinisch, faserig, in traubigen, nierenförmigen und tropfsteinartigen Aggregaten mit krummschaliger Struktur, keilförmiger Absonderung und häufig metallischglänzenden Absonderungsflächen (roter Glaskopf); in dichten, derben Massen, braunrot bis stahlgrau, ohne Metallglanz (dichtes Roteisenerz); erdig, blutrot bis braunrot, matt, abfärbend, derb, eingesprengt und als Überzug (ockeriges Roteisenerz). Der Rötel ist ein inniges Gemenge von Roteisenocker mit Ton. Das Erz findet sich in Gängen und mächtigen Lagern an vielen Orten: Harz, Sachsen, Nassau, Siegen, Steiermark, Brilon, Böhmen, England rc.

Die verschiedenen Abarten des Roteisenerzes gehören zu den wichtigsten Eisenerzen; der rote Glaskopf dient ferner zum Polieren von Metallen und zur Bereitung einer roten Farbe, Eisenglimmer als Anstrichfarbe für Schiffe. Der Rötel wird zum Schreiben, Zeichnen usw. benutzt.

47. Titaneisenerz.

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch, im Achsenverhältnis und den Kombinationen dem Eisenglanz sehr nahestehend; auch derb, eingesprengt, in losen Körnern (Iserin) und als Titaneisensand; Bruch muschelig bis uneben; H. = 5—6; G. = 4,5—5,2 (wegen der sehr wechselnden Zusammensetzung); eisenschwarz, Strich schwarz (Unterschied von Eisenglanz); halbmetallischer Glanz, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Titaneisenerz ist als eine (isomorphe) Mischung von Fe_2O_3 und $FeTiO_3$ (Ferrotitanat) zu betrachten, doch ist ein Teil des Eisens in letzterer Verbindung durch Magnesium ersetzt. Vor dem Lötrohr unschmelzbar; mit konzentrierter Schwefelsäure gibt es eine blaue Farbe; in Salzsäure oder Königswasser nur schwer löslich unter Zurücklassung von Titandioxyd TiO_2. — Fundorte: Iserwiese am Riesengebirge, St. Gotthard, Egersund und Krageroe in Norwegen, Miask, Kanada.

48. Hausmannit.

Quadratisch; P {111}, selbständig und mit $\frac{1}{3}$P {113}; Zwillingskristalle nach einer Fläche von P∞ {101}, oft mehrfache Zwillingsbildung; derb, körnig. — Spaltbar nach 0P {001} ziemlich vollkommen; H. = 5—5,5; G. = 4,8; eisenschwarz, Strich braun; metallglänzend, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Mn_3O_4, wohl aufzufassen als $2MnO \cdot MnO_2 = Mn_2MnO_4$, d. i. das Manganosalz einer Säure H_4MnO_4 (daher

nicht isomorph mit Magneteisenerz $FeO \cdot Fe_2O_3$)[1]. Vor dem Lötrohr unschmelzbar; in Salzsäure löslich unter Entwicklung von Chlor. — Vorkommen: Ilmenau in Thüringen, Ilfeld am Harz; an gewissen Orten in Schweden massenhaft im Dolomit.

49. Pyrolusit (Braunstein, Weichmanganerz).

Kein ursprüngliches Mineral, sondern aus andern Manganerzen durch molekulare Umlagerung (so aus dem quadratisch kristallisierenden, mit Zinnstein isomorphen Polianit MnO_2) oder durch Verlust von H_2O bzw. CO_2 und Aufnahme von Sauerstoff (aus Manganit und Manganspat) entstanden. Die scheinbaren säulenförmigen Kristalle und die strahligen bis faserigen Aggregate entsprechen also einer ihrer Substanz nunmehr fremden Form; auch dicht und erdig; in Pseudomorphosen nach Kalkspat. Mild; H. = 2—2,5; G. = 4,7—5; stahlgrau bis eisenschwarz, Strich schwarz, abfärbend; schwach metallglänzend, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: MnO_2 Mangandioxyd; vor dem Lötrohr unschmelzbar; verwandelt sich beim Glühen unter Sauerstoffabgabe in Mn_3O_4, löst sich in erwärmter Salzsäure unter Chlorentwicklung, in Schwefelsäure unter Entwicklung von Sauerstoff; gibt mit Borax im Oxydationsfeuer die Manganreaktion, eine violette Perle. — Findet sich zusammen mit andern Manganerzen ziemlich verbreitet auf Gängen und Lagern: Ilmenau, Ilfeld, Horhausen, Siegen, Johanngeorgenstadt.

Der Braunstein dient zur Darstellung von Sauerstoff, Chlor und Chlorkalk, zum Färben des Glases und von Glasuren, anderseits zum Entfärben des grünen Glases (daher der Name Pyrolusit, von πῦρ, Feuer, und λούω, wasche).

Anmerkung. An das reine Mangandioxyd schließt sich eine Reihe von Mineralien an, deren Hauptbestandteil ebenfalls MnO_2 ist, die jedoch außerdem niedrigere Oxydationsstufen des Mangans und die Oxyde anderer Metalle (Baryum, Kalium), Wasser und zum Teil auch SiO_2 enthalten. Dahin gehört der Psilomelan (schwarzer Glaskopf, Hartmanganerz), traubige, nierenförmige, tropfsteinartige Massen mit schaliger Struktur, Bruch muschelig; H. = 5,5—6; G. = 4,2; eisenschwarz, Strich bräunlich-schwarz, undurchsichtig; enthält Baryumoxyd und Kali in wechselnder Menge, Wasser bis zu 6 %, kleine Mengen von Kalk, Magnesia, Kupferoxyd usw. Wad ist ein feinschuppiges bis erdiges, lockeres Aggregat von Mangandioxyd mit verschiedenartigen Beimengungen (ähnlich dem vorigen). Erscheint derb, als Überzug, tropfsteinartig, knollig und nierenförmig, schaumartig; H. = 3 in gewissen Varietäten, sonst sehr weich; G. = 2,3—3,7; nelkenbraun bis braunschwarz; ohne Glanz, abfärbend, undurchsichtig. — Psilomelan und Wad finden sich zusammen mit Braunstein und andern Manganerzen; auf Eisenerzlagerstätten.

---

[1] Wegen dieser Auffassung der chemischen Konstitution des Hausmannits stellt man denselben auch wohl zu den Salzen. Letzteres gilt auch für die hier behandelten Spinell, Magnet- und Chromeisenerz (s. unten).

50. Rotkupfererz (Cuprit).

Regulär; gewöhnlich O{111}, ∞O{110} und ∞O∞{100}, alle drei selbständig und in Kombination. Kristalle aufgewachsen, in Drusen vereinigt, seltener eingewachsen. Die schön roten nadel- und haarförmigen Kristalle (verzerrte Würfel) werden Kupferblüte genannt. Auch derb und eingesprengt, körnig bis dicht; in Pseudomorphosen nach Kupfer. Häufig in Malachit verwandelt. — Spaltbar nach O ziemlich vollkommen; spröd; H. = 3,5—4; G. = 5,7—6; cochenillerot, Strich braunrot; halbmetall- bis diamantglänzend, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Cu_2O Kupferoxydul; gibt vor dem Lötrohr auf Kohle ein Kupferkorn, färbt mit Salzsäure befeuchtet die Flamme blau-grün; in Salz- und Salpetersäure löslich. — Auf Gängen und Lagern im Granit, Gneis u. a., eingewachsen im Ton: Rheinbreitbach bei Honnef, Chessy bei Lyon, Cornwall, Ungarn, Ural (hier in bis zentnerschweren Blöcken), am Altai, Chile, Peru, Südaustralien.

Das reichste Kupfererz, enthält fast 89 % Kupfer.

51. Spinell.

Regulär; O{111}, selbständig und mit ∞O{110}, auch mit 3O3{311}; häufig Zwillinge nach einer Fläche des Oktaeders (Fig. 116). Kristalle einzeln ein- oder aufgewachsen, auch lose, meist klein; in Körnern. — Ohne deutliche Spaltbarkeit, Bruch muschelig; H. = 8; G. = 3,5—4,1 (wegen der wechselnden Zusammensetzung); selten farblos, meist rot, blau, grün (in verschiedenen Nuancen) sowie braun und schwarz; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: wesentlich $MgO \cdot Al_2O_3$, wobei jedoch meist ein Teil der Magnesia durch Eisenoxydul FeO und ein Teil der Tonerde durch Eisenoxyd Fe_2O_3 ersetzt ist. Man kann den Spinell als ein Magnesiumaluminat $MgAl_2O_4$ betrachten, wobei die beiden Wasserstoffatome im doppelten Molekül $HAlO_2$ durch Mg ersetzt sind (s. auch die Anmerkung S. 140). Vor dem Lötrohr unschmelzbar; in Säuren unlöslich; aufschließbar mit saurem Kaliumsulfat.

Als Varietäten unterscheidet man: edlen Spinell, rot, durchsichtig, reine Magnesia-Tonerde: Ceylon, Birma; blauen Spinell: Aker in Södermanland; grünen Spinell (Chlorospinell), grasgrün, mit 9—15 % Eisenoxyd und etwas Kupferoxyd: Mähren, Ural; schwarzen Spinell (Pleonast), mit bedeutendem Eisengehalt: Monzoniberg im Fassatal, Vesuv, Ceylon, Amity in New York.

Der Spinell ist in seiner roten, dem Rubin ähnlichen Varietät ein geschätzter Edelstein.

52. Magneteisenerz (Magnetit).

Regulär, isomorph mit Spinell; gewöhnlich O{111} und ∞O{110}, selbständig und in Kombination, seltener und untergeordnet ∞O∞{100}, 2O2{211}, 3O3{311}; Zwillinge nach O, zuweilen mit wiederholter Zwillingsbildung. Kristalle ein- und aufgewachsen, meist derb in körnigen bis dichten Aggregaten, eingesprengt und in losen Körnern (Magneteisensand); in Pseudomorphosen nach Eisenglanz, Eisenspat usw. — Bruch muschelig; spröd; H. = 5,5—6,5; G. = 4,9—5,2; eisenschwarz, Strich schwarz, schwach metallglänzend, auch in den dünnsten Splittern gänzlich undurchsichtig; stark magnetisch, oft polarisch (natürlicher Magnet). — Chemische Zusammensetzung: $FeO \cdot Fe_2O_3$ Eisenoxyduloxyd, zu deuten als ein dem Spinell analoges Ferroferrit $FeFe_2O_4$ mit einem zweiwertigen und zwei dreiwertigen Eisenatomen; vor dem Lötrohr sehr schwer schmelzbar, gepulvert in Salzsäure löslich. — Sehr verbreitet namentlich in kristallinischen Schiefern (Chloritschiefer, Glimmerschiefer, Gneis): Ziller- und Pfitschtal in Tirol, Binnental, Traversella in Piemont; in mächtigen Stöcken, Lagern und förmlichen Magnetbergen in Norwegen und Schweden: Arendal, Utö, Dannemora bei Upsala, Berg Gellivara; im östlichen Ural, geknüpft an Syenit und andere Eruptivgesteine, die Magnetitberge Katschkanar und Blagodat.

Magnetit ist ein wichtiger Gesteinsgemengteil; die dunkle Farbe des Basalts ist hauptsächlich auf feinverteilten Magnetit zurückzuführen. Dabei ist der letztere oft stark titanhaltig und erscheint wohl in Form größerer Körner von glasflußähnlichem Aussehen (schlackiges Magneteisen, so im Basalt von Unkel am Rhein). — Magnetit ist eines der wertvollsten Eisenerze.

53. Chromeisenerz.

Regulär, isomorph mit Spinell und Magneteisenerz; O{111}; meist derb, körnig, eingesprengt. — Bruch uneben; H. = 5,5; G. = 4,5; braunschwarz, Strich braun; Metall- bis Fettglanz, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: wesentlich $FeO \cdot Cr_2O_3$ (bzw. Ferrochromit $Fe_2Cr_2O_4$), wobei jedoch FeO zum Teil durch MgO und Cr_2O_3 durch Al_2O_3 und Fe_2O_3 ersetzt ist. Vor dem Lötrohr unschmelzbar, in Säuren unlöslich; gibt mit Salpeter eine Schmelze, welche sich in Wasser mit gelber Farbe löst. — Findet sich besonders, zuweilen massenhaft, im Serpentin: Frankenstein in Schlesien, Röros in Norwegen, Ural, Kleinasien, Nordamerika an vielen Orten.

Das Chromeisenerz dient zur Darstellung anderer Chromverbindungen, auch bei Bereitung des Chromstahls.

Zweite Gruppe: Säuren und Hydroxyde.

54. Sassolin (Borsäure).

Triklin; gewöhnlich in feinen Schuppen, auch in Krusten und tropfsteinartigen Aggregaten. — Spaltbar nach 0 P {001} sehr vollkommen; mild und biegsam; H. = 1; G. = 1,45; farblos oder gelblich-weiß; perlmutterglänzend, durchscheinend; fühlt sich fettig an. — Chemische Zusammensetzung: H_3BO_3; löslich in Wasser; schmilzt vor dem Lötrohr unter Aufschäumen zu einem klaren Glase und färbt die Flamme grün, auch die Auflösung in Weingeist brennt mit grüner Flamme. — Findet sich als Absatz heißer Quellen zu Sasso in Toskana (an verschiedenen Orten in Toskana werden aus den sog. Soffionen, das sind borsäurehaltige heiße Wasserdämpfe, große Mengen kristallisierter Borsäure gewonnen); ferner als Sublimationsprodukt von Vulkanen: Insel Volcano.

Dient als Reagens bei Lötrohrversuchen, zur Darstellung borsaurer Salze sowie zur Herstellung widerstandsfähiger Glassorten.

An den Sassolin schließt sich an der monokline Hydrargillit, H_3AlO_3, der in sechsseitigen Blättchen auf der Insel Eikaholmen in Norwegen vorkommt; ferner der (neben andern Stoffen viel Hydrargillit enthaltende) einem roten Ton ähnliche, jedoch nicht plastische Beauxit (von Beaux bei Arles und andern Orten), welcher zur Darstellung von Aluminium und feuerfesten Ziegeln wichtige Anwendung findet. Beauxit ist ein Zersetzungsprodukt tonerdehaltiger Gesteine, wie Granit, Gneis, Basalt; im Gegensatz zum Ton (s. daselbst) wesentlicher Bestandteil des den Tropen eigenen Verwitterungsbodens, des Laterits.

55. Manganit.

Rhombisch[1]; häufige Kombinationen: $\infty P\{110\} \cdot 0P\{001\}$; $\infty P \cdot 0P \cdot \bar{P}\infty\{101\}$; auch flächenreiche Kristalle mit $\infty \bar{P} \infty\{100\}$, $\infty \check{P}2\{120\}$, $P2\{212\}$ u. a. Zwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche des Brachydomas $\check{P}\infty\{011\}$. Kristalle lang- oder kurzsäulenförmig, auf den Prismenflächen vertikal gestreift, aufgewachsen und zu Drusen vereinigt; auch derb in faserigen, stengeligen oder körnigen Massen. — Spaltbar nach $\infty\check{P}\infty\{010\}$ sehr vollkommen, weniger vollkommen nach ∞P; H. = 3,5—4; G. = 4,3; stahlgrau, bräunlich-schwarz, zuweilen bunt angelaufen, Strich braun; metallglänzend, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: $HMnO_2$ Manganhydroxyd, kann auch geschrieben werden $Mn_2O_3 \cdot H_2O$; vor dem Lötrohr unschmelzbar, gibt mit Borax die Manganreaktion; in Salzsäure löslich unter Entwicklung von Chlor, in konzentrierter Schwefelsäure hingegen nur wenig löslich. — Fundorte: Ilfeld am Harz, Ilmenau in Thüringen, Schweden, Cornwall.

Anwendung ähnlich wie beim Pyrolusit.

---

[1] a : b : c = 0,8441 : 1 : 0,5458.

56. Göthit.

Rhombisch, isomorph mit Manganit (wenn auch mit nur annähernd gleichem Achsenverhältnis); eine gewöhnliche Kombination: $\infty P\{110\} \cdot \infty P2\{210\} \cdot \infty \breve{P} \infty\{010\} \cdot P\{111\} \cdot \breve{P} \infty\{011\}$. Kristalle säulen-, nadel- bis haarförmig (Nadeleisenerz), auch dünntafelig nach $\infty \breve{P} \infty$, gewöhnlich klein; auch in stengeligen und faserigen Aggregaten (die kugeligen mit samtähnlicher Oberfläche Samtblende genannt) sowie derb und dicht. — Spaltbar nach $\infty \breve{P} \infty$ sehr vollkommen; spröd; H. = 5—5,5; G. = 4; braun in verschiedenen Nuancen, Strich gelblich-braun; kantendurchscheinend bis undurchsichtig, diamant- und seidenglänzend. — Chemische Zusammensetzung: $HFeO_2$ Eisenhydroxyd, kann auch geschrieben werden $Fe_2O_3 \cdot H_2O$; verliert im Kolben erhitzt Wasser und wird rot; vor dem Lötrohr sehr schwer schmelzbar; in Salzsäure leicht löslich. — Fundorte: Obernkirchen im Westerwald, Eiserfeld im Siegenschen, Przibram, Cornwall, Superiorsee, Kalifornien.

Wo der Göthit in größeren Massen vorkommt, liefert er ein gutes Eisenerz.

57. Brauneisenerz (Brauneisenstein, Limonit).

Feinkristallinisch; in kugeligen, traubigen, nieren- und tropfsteinförmigen, faserigen Massen von krummschaliger Struktur; auch dicht und erdig. In Pseudomorphosen nach vielen Mineralien, z. B. Kalkspat, Eisenspat, Pyrit, Magnetit. — H. = 5—5,5; G. = 3,4—3,95 (wegen der etwas schwankenden Zusammensetzung); braun in verschiedenen Nuancen (namentlich gelblich- und schwärzlich-braun), Strich gelblich-braun; schimmernd bis matt, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: im wesentlichen ein Eisenhydroxyd von der Formel $H_6Fe_4O_9$ oder $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, mit wenig (bis 4 %) Kieselsäure und etwas Manganhydroxyd, auch wohl einem kleinen Gehalt an Phosphorsäure usw.; verhält sich ähnlich wie Göthit. Brauneisenerz stellt wohl meist ein Umwandlungsprodukt aus andern eisenhaltigen Mineralien, wie Eisenspat, Pyrit, Eisenglanz, Magnetit, dar. Man unterscheidet: faseriges Brauneisenerz (brauner Glaskopf), traubig, nieren- und tropfsteinförmig, als Überzug, mit oft glänzender Oberfläche; dichtes Brauneisenerz, derb, mit mattem Bruch, in Pseudomorphosen; ockeriges Brauneisenerz, derb, in Nestern, als Anflug, erdig, gelb bis gelblich-braun. — Finden sich häufig zusammen auf Lagern und Gängen an vielen Orten, so in Sachsen, im Harz, Schwarzwald, in Oberschlesien, Steiermark, Spanien, am Ural, in Nordamerika.

Der Brauneisenstein ist eines der häufigsten und wichtigsten Eisenerze.

Der gelbe Toneisenstein ist ein mit Ton und Sand gemengter Brauneisenstein, oft nierenförmig (Eisennieren); das Bohnerz besteht aus kugeligen,

konzentrisch schaligen, durch ockergelben Lehm verbundenen Körnern von Toneisenstein: Baden, Württemberg, Schweizer Jura; in Lothringen und Luxemburg die ähnliche Minette (sehr wichtiges Eisenerz). — Ferner schließt sich hier an der Raseneisenstein (Wiesenerz, Sumpferz, Morasterz), welcher aus Eisenhydroxyd, Sand und Ton nebst einem wechselnden Gehalte an chemisch gebundener Kieselsäure, Phosphorsäure und organischen Beimengungen besteht. Bildet derbe, poröse, schwammartig durchlöcherte Massen von muscheligem Bruch, geringer Härte und braun-gelber bis schwarzer Farbe; Sumpf- und Morasterz sind weich. Die Bildung dieser Substanzen findet noch gegenwärtig statt, indem sie sich aus eisenhaltigem Wasser ausscheiden. Der Raseneisenstein kommt in sumpfigen Niederungen in Norddeutschland, Polen und Rußland vor.

Vierte Klasse: Haloidsalze.

Die hierhingehörigen Mineralien besitzen eine geringe Härte, sind durchsichtig bis durchscheinend, von nichtmetallischem Ansehen und lösen sich zum Teil in Wasser. Wir beginnen mit dem wichtigsten, dem

58. Steinsalz (Kochsalz, Seesalz).

Regulär; der Würfel findet sich sehr schön und groß; andere Flächen, wie O{111} und ∞O2{210}, sind selten; meist in körnigen und faserigen Massen, in Platten, derb und eingesprengt. — Spaltbar nach den Würfelflächen sehr vollkommen, Bruch muschelig; etwas spröd; H. = 2; G. = 2,1 bis 2,2. Farblos oder gefärbt, rot, gelb, grau, zuweilen blau oder grün, Strich weiß; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend; diatherman in hohem Grade. — Chemische Zusammensetzung: $NaCl$ Chlornatrium, entweder rein oder durch andere beigemengte Salze (Chlormagnesium, Chlorcalcium, Gips) verunreinigt; in Wasser leicht löslich, jedoch in warmem fast nicht mehr als in kaltem; schmilzt vor dem Lötrohr leicht unter starkem Knistern, färbt die Flamme gelb, schmeckt rein salzig. — Findet sich teils im festen Zustande als eigentliches Steinsalz, teils gelöst in Salzquellen oder Salzsoolen, Salzseen und im Meerwasser, woraus es als Koch- und Seesalz gewonnen wird. Alles Salz rührt jedoch ursprünglich aus dem Meere her, da die Steinsalzlager Niederschläge ausgetrockneter Seen sind und die Salzquellen sich durch Berührung des Wassers mit unterirdischen Salzlagern gebildet haben.

Das Steinsalz tritt mit Salzton, Gips und Anhydrit in mächtigen Lagern und Stöcken in verschiedenen Gebirgsformationen auf, und zwar:

1) In der Zechsteinformation. Die im Liegenden des Buntsandsteins bei Staßfurt erbohrte Steinsalzlagerstätte zerfällt im wesentlichen in zwei Etagen, die obere der sog. Abraumsalze (meist zerfließliche oder leicht lösliche Magnesium- und Kaliumsalze) und die untere des Steinsalzes; doch ist die Grenze zwischen beiden nicht genau zu bezeichnen, weil ein allmählicher Übergang stattfindet. Die tiefsten Schichten enthalten das reinste Steinsalz, welch letzteres sich als die im

Meerwasser in größter Menge enthaltene Substanz aus der konzentrierten Lösung (neben Gips und Anhydrit) zuerst absetzte. Die Gesamtmächtigkeit wird auf ca. 900 m geschätzt. Diese Steinsalzlagerstätte erstreckt sich übrigens weiter über Nord- und Mitteldeutschland von der Elbe bis an den Rhein und südlich bis zum Main (ausgebeutet in der Gegend von Braunschweig, Hannover, Hildesheim u. a. Orten). Siehe auch Sylvin, Carnallit, Kieserit, Kainit, Polyhalit.

2) In der Trias (Salzgebirge); im Salzkammergut, bei Aussee, Hallstatt, Ischl, Hallein bildet das Steinsalz ansehnliche Lager; bei Hall in Tirol, bei Berchtesgaden kommt es in Nestern, Adern und fein verteilt in einem grauen Ton vor. — In England erreicht das Steinsalz führende, aus rotem Ton und Gips bestehende Gebirge eine Mächtigkeit von 300—500 m. Die bedeutendsten Steinsalzlager finden sich bei Northwich (bis 33 m mächtig) und bei Lawton.

3) Im Tertiär; eine der merkwürdigsten Steinsalzbildungen ist jene von Kardona in Katalonien; das Steinsalz geht hier — während es sonst fast überall dem Schoße der Erde eingelagert ist — in beträchtlichen Felsmassen zutage. — In Sizilien ist das Steinsalz sehr verbreitet, die bedeutendsten Lager finden sich bei Racalmuto und Castrogiovanni. — Kolossale Massen bildet das Steinsalz in Siebenbürgen, besonders bei Parayd und Szovata. Am südlichen und am nördlichen Gehänge der Karpathen erstrecken sich ausgedehnte Steinsalz-Ablagerungen. Das Steinsalzlager von Wieliczka in Galizien gehört zu den mächtigsten, die es gibt. Das Salz ist daselbst stellenweise 400 m mächtig. Liefert jährlich über eine Million Zentner.

Das Steinsalz findet sich auch als Auswitterung des Bodens in den Steppen am Kaspisee, in den Wüsten Afrikas, in Chile, endlich als Sublimat an den Kraterwänden mehrerer Vulkane und in den Klüften von Lavaströmen.

Außer als Würze der Speisen, zum Einpökeln von Fleisch und Fischen und als Viehsalz wird das Kochsalz zur Darstellung von Salzsäure, Glaubersalz, Chlor, Natron, Salmiak, Soda, ferner als Zuschlag bei metallurgischen Arbeiten, in der Gerberei und Seifenfabrikation und zur Herstellung von Glasuren benutzt.

59. Sylvin.

Regulär wie Steinsalz, jedoch nach den auf den Würfelflächen beobachteten Ätzfiguren der gyroedrischen Hemiedrie angehörig; gewöhnlich $\infty O \infty \{100\}$ und $O\{111\}$ in Kombination; auch in derben körnigen Massen. — Spaltbar nach den Würfelflächen sehr vollkommen, Bruch muschelig; diatherman; H. = 2; G. = 2; farblos, auch rötlich gefärbt. — Chemische Zusammensetzung: KCl Chlorkalium, rein oder mit etwas NaCl; leicht löslich in Wasser, in warmem mehr als in kaltem; vor dem Lötrohr leicht schmelzbar, färbt die Flamme violett. — Staßfurt (massenhaft unter den Abraumsalzen), ebenso bei Wittelsheim im Elsaß, Kalusz in Galizien (wohl aus Carnallit entstanden, siehe daselbst), als Sublimat am Vesuv.

Dient zur Darstellung anderer Kaliumsalze und als Düngemittel.

60. Salmiak.

Regulär, gyroedrisch-hemiedrisch wie Sylvin; $O\{111\}$, $\infty O\{110\}$, $\infty O \infty \{100\}$, $3O3\{311\}$, $2O2\{211\}$; Kristalle oft merkwürdig ver-

zerrt; in Krusten, tropfsteinartigen Massen und als erdiger und mehliger Beschlag. — Spaltbar nach den Oktaederflächen unvollkommen, Bruch muschelig; mild und zähe; H. = 1,5—2; G. = 1,5. Farblos oder (durch Eisenchlorid) gelb bis braun gefärbt. — Chemische Zusammensetzung: NH_4Cl Chlorammonium; in Wasser leicht löslich; sublimierbar; gibt mit Soda oder Kalk starken Ammoniakgeruch. — Findet sich als Sublimat an Vulkanen: Vesuv, Ätna, Insel Volcano; bildet sich in brennenden Kohlenhalden: Oberhausen, Hänichen bei Dresden.

Der zur praktischen Verwendung gelangende Salmiak wird auf verschiedene Weise künstlich dargestellt.

61. Hornsilber (Chlorsilber).

Regulär; meist $\infty O \infty \{100\}$; Kristalle gewöhnlich klein; in Krusten, derb und eingesprengt. — Bruch muschelig; geschmeidig, läßt sich mit dem Messer schneiden; H. = 2—2,5; G. = 5,6; grau, bläulich, grünlich; fettglänzend, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $AgCl$, gewöhnlich durch andere Stoffe verunreinigt; schmilzt vor dem Lötrohr und läßt sich mit Soda leicht zu Silber reduzieren; in wässerigem Ammoniak löslich. — Findet sich als Umwandlungsprodukt von Silber und andern Silbererzen auf Gängen: Freiberg, Johanngeorgenstadt, Kongsberg in Norwegen, Peru, Chile, Mexiko.

Das Chlorsilber liefert, wo es in so großen Mengen vorkommt, daß sich das Verhütten lohnt, ein sehr wertvolles Silbererz.

62. Flußspat (Fluorit).

Regulär; am häufigsten $\infty O \infty \{100\}$, dann $O \{111\}$ und $\infty O \{110\}$, auch $\infty O 3 \{310\}$, $4 O 2 \{421\}$, sämtlich sowohl selbständig als in Kombination; untergeordnet $2 O 2 \{211\}$, $3 O 3 \{311\}$ und andere Formen (Fig. 10, 11, 13, 14, 18). Kristalle oft groß und von schönster Ausbildung, einzeln aufgewachsen und in Drusen; häufig Zwillinge nach O (Fig. 117); auch derb in körnigen oder stengeligen Massen, dicht und erdig. — Spaltbar nach den Oktaederflächen vollkommen; Bruch muschelig; spröd; H. = 4; G. = 3,15; farblos, jedoch in der Regel gefärbt, gelb, grün, blau, violett, rot, grau (manchmal zeigt ein Kristall schichtenweise verschiedene Farben), oft fluoreszierend (s. S. 84); glasglänzend, durchsichtig bis schwach durchscheinend; phosphoresziert meist in der Hitze, namentlich mit grünem Lichte (Chlorophan). — Chemische Zusammensetzung: CaF_2; schmilzt in dünnen Splittern vor dem Lötrohr; wird von konzentrierter Schwefelsäure unter Entwicklung von Flußsäure zersetzt. — Ziemlich häufiges Mineral; kommt besonders mit Schwerspat auf Erzlagern und Gängen vor, so mit Zinnstein in Sachsen, Böhmen und Cornwall, auf Silbererzgängen zu Freiberg, Marienberg, Annaberg und Kongsberg, mit Bleiglanz in Derbyshire, Cumberland und Northumberland, ferner außerhalb von Erz-

gängen im Granit (Striegau in Schlesien), im Gneis (St. Gotthard — rote Kristalle), im Kalkstein (Säntisgebirge). Derb in mächtigen Gängen findet er sich zu Stolberg am Harz, Steinbach in Meiningen, in den Pyrenäen.

Gewisse schöngefärbte Varietäten des Flußspats werden zu Ornamenten, Vasen, Leuchtern usw. verarbeitet. Bei metallurgischen Prozessen dient er als Flußmittel (daher der Name). Auch wird aus ihm die Flußsäure dargestellt (ein Gemisch von Flußspat und konzentrierter Schwefelsäure kann zum Ätzen von Glas benutzt werden).

63. Kryolith.

Monoklin; deutliche Kristalle (mit $\infty P\{110\}$ und $0P\{001\}$) jedoch selten, meist in spätigen (nach drei fast genau aufeinander senkrechten Richtungen, entsprechend den Flächen der genannten Formen, spaltbaren) und in körnigen Massen; spröd; H. = 2,5—3; G. = 2,96; farblos, meist schneeweiß, wohl auch rötlich, braun bis schwarz; Glasglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: Na_3AlF_6 oder $3NaF \cdot AlF_3$ Natriumaluminiumfluorid, das Natriumsalz der Aluminiumfluorwasserstoffsäure H_3AlF_6; vor dem Lötrohr sehr leicht schmelzbar; wird von konzentrierter Schwefelsäure unter Entwicklung von Flußsäure gelöst. — Findet sich in mächtigen gangartigen Lagern im Granit bei Evigtok am Arksutfjord in Westgrönland.

Dient zur Darstellung von Aluminium, Natron, Soda und Aluminiumsulfat, auch zur Herstellung von Milchglas.

64. Carnallit.

Rhombisch; Kristalle selten und meist von späterer Bildung (aus abträufelnder Lauge), ursprünglich nur in körnigen Massen; Bruch muschelig; H. = 1—2; G. = 1,6; im reinen Zustand farblos, gewöhnlich aber durch beigemengtes Eisenoxyd rot gefärbt; durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $KCl \cdot MgCl_2 + 6H_2O$ wasserhaltiges Chlorkaliummagnesium; zerfließt an der Luft; bei Behandlung mit Wasser wird Chlormagnesium zuerst gelöst, wobei KCl hinterbleibt (wahrscheinliche Bildungsweise des Sylvins); vor dem Lötrohr leicht schmelzbar. — Findet sich in bedeutenden Mengen in den obersten Schichten der Abraumsalze von Staßfurt (Carnallitregion), auch bei Wittelsheim im Elsaß.

Dient zur Gewinnung von Chlorkalium und andern Kaliumsalzen; das daraus erhaltene Chlormagnesium findet u. a. Anwendung in der Baumwollspinnerei.

Fünfte Klasse: Oxysalze.

Erste Gruppe: Nitrate.

65. Salpeter (Kalisalpeter).

Rhombisch; gute Kristalle jedoch nur künstlich; gewöhnliche Kombinationen: $\infty P\{110\}$ (mit einem vorderen Winkel von $118^0\,49'$) $\cdot \infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot$

$2\breve{P}\infty\{021\}$; dieselbe mit $P\{111\}$; Fig. 167 zeigt $p = \infty P$, $b = \infty\grave{P}\infty$, $q = \breve{P}\infty\{011\}$, $o = P$. Zwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche von ∞P (Fig. 124). Der natürliche Salpeter tritt meist in nadel- oder haarförmigen Kristallen, als flockiger und mehlartiger Beschlag oder in Krusten auf. — Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$ und ∞P undeutlich; Bruch muschelig; H. = 2; G. = 2; farblos, weiß, grau; schmeckt salzig kühlend. — Chemische Zusammensetzung: KNO_3; in Wasser leicht löslich, verpufft auf glühender Kohle, schmilzt leicht und färbt die Flamme violett. — In den sog. Salpeterhöhlen mancher Kalksteingebirge: Homburg bei Würzburg, Belgrad, Kalabrien, Ceylon; als Auswitterung des Bodens, namentlich wenn derselbe reich an stickstoffhaltigen organischen Stoffen ist: Aragonien, Ungarn, Ostindien. Größere Lager finden sich in der Natronsalpeterregion von Chile (Tarapaca).

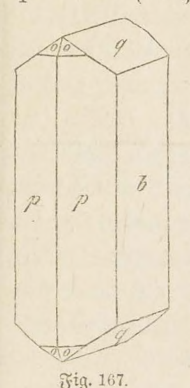


Fig. 167.

Der (meist künstlich dargestellte) Salpeter findet mannigfache Verwendung, so zur Bereitung des Schießpulvers, zur Darstellung der Salpetersäure und der englischen Schwefelsäure, in der Glasfabrikation, zum Konservieren von Fleisch. Doch ist seine Bedeutung seit Erfindung des rauchlosen Pulvers gesunken; auch wird zur Darstellung der Salpetersäure im großen statt des Kalisalpeters jetzt Natronsalpeter verwendet.

66. Natronsalpeter (Chilesalpeter).

Hexagonal rhomboedrisch; deutliche Kristalle nur künstlich; $R\{10\bar{1}0\}$ mit einem Polkantenwinkel von $106^0\ 30'$; in körnigen Massen. — Spaltbar nach R ziemlich vollkommen; H. = 1,5—2; G. = 2,1; farblos, gelblich, grau; durchsichtig bis durchscheinend, mit sehr starker negativer Doppelbrechung. — Chemische Zusammensetzung: $NaNO_3$, der rohe durch Steinsalz und verschiedene Sulfate verunreinigt; in Wasser leicht löslich, verpufft auf glühender Kohle, schmilzt leicht und färbt die Flamme gelb; schmeckt salzig kühlend. Kommt in bedeutender Menge in ausgedehnten Sand- und Tonlagern an der Küste bei Iquique und Tarapaca in Chile vor.

Dient zur Darstellung von Salpetersäure, Kalisalpeter (durch Umsetzung mit Sylvin) und englischer Schwefelsäure, kann jedoch nicht zur Bereitung von Schießpulver benutzt werden, weil er aus der Luft Feuchtigkeit anzieht. Ist ein wertvolles Düngemittel.

Zweite Gruppe: Karbonate.

67. Kalkspat (Calcit).

Hexagonal rhomboedrisch[1]; außerordentlich formenreich; $R\{10\bar{1}1\}$ (Spaltungsform Fig. 81, als Kristallform nicht häufig) mit einem Polkanten-

[1] $a : c = 1 : 0{,}8543$.

winkel von 105° 5′, also fast gleich dem des Natronsalpeters; am häufigsten erscheinen außer ∞R{$10\bar{1}0$} und 0R{0001} die Rhomboeder — ½R{$01\bar{1}2$}, — 2R{$02\bar{2}1$}, 4R{$40\bar{4}1$} (Fig. 82) und die Skalenoeder R3{$3\bar{1}\bar{2}1$} (Fig. 83), R2{$4\bar{1}\bar{3}2$}, ¼R3{$3\bar{1}\bar{2}4$}, ⅖R2{$4\bar{1}\bar{3}5$}; als einige der sehr zahlreichen Kombinationen seien erwähnt: ∞R · 0R (Fig. 73); ∞R · — ½R (Fig. 85); — 2R · ∞P2{$11\bar{2}0$} (Fig. 168); R3 · 4R (Fig. 169); R3 · ∞P2 (Fig. 88); R3 · R (Fig. 170). In betreff der häufigen Zwillingsbildung vgl. S. 55. Seltener sind herzförmige Zwillinge nach R und solche nach — 2R. Kristalle häufig ziemlich groß und gut ausgebildet, aufgewachsen, in Drusen; sehr oft in körnigen bis dichten Massen (Marmor, Kalkstein), ferner als Tropfstein sowie erdig (Kreide), endlich als Versteinerungsmaterial. — Spaltbar nach R sehr vollkommen; spröd; die durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure auf den Spaltungsflächen erhaltenen Ätzfiguren sind gleichschenklig dreiseitig und entsprechen der Symmetrie der Rhomboederflächen. H. = 3; G. = 2,72; wasserhell, jedoch meist weiß, grau, gelblich oder bräunlich; Glas- bis Fettglanz, durchsichtig oder durchscheinend bis undurchsichtig; Doppelbrechung s. S. 71.

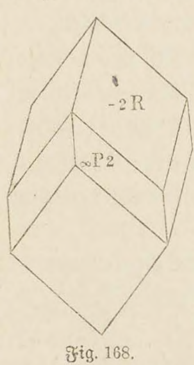


Fig. 168.

Chemische Zusammensetzung: $CaCO_3$, jedoch nur in den reinsten Varietäten; meist mit geringen Beimengungen der isomorphen $MgCO_3$ und $FeCO_3$. Vor dem Lötrohr unschmelzbar, leuchtet dabei stark und verliert Kohlendioxyd; löst sich in Salz- oder Salpetersäure leicht unter starkem Aufbrausen; in kohlensäurehaltigem Wasser löslich unter Bildung von saurem Calciumkarbonat. Man unterscheidet hauptsächlich folgende Varietäten:

1. Eigentlicher Kalkspat, deutlich kristallisiert; findet sich in Drusenräumen und auf Spalten aller Gebirgsformationen, besonders häufig in den Kalkgebirgen. Die schönsten Kristalle kommen auf Erzgängen vor. Bekannte Fundorte sind: Andreasberg, Ilfeld, Oberstein, Freiberg, Brilon, Derbyshire, Cumberland, Traver-

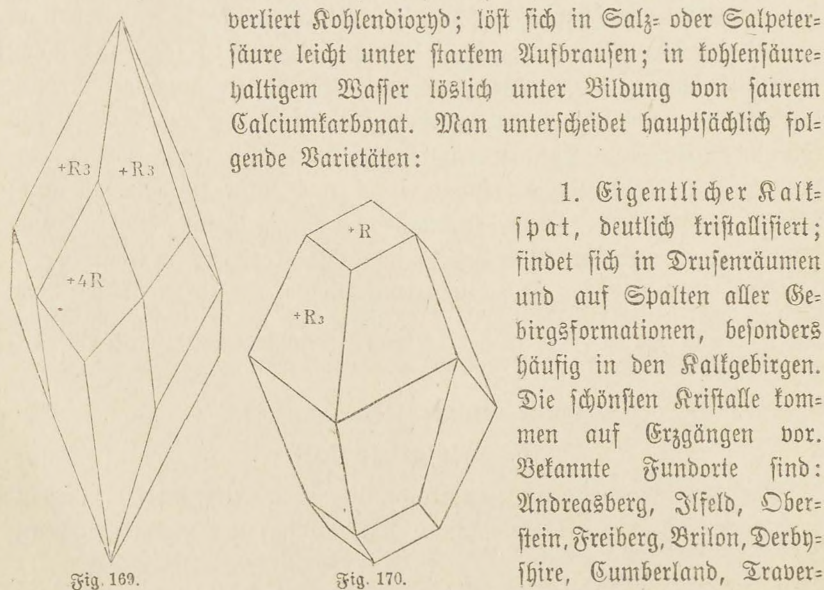


Fig. 169. Fig. 170.

sella, Lake Superior (auf gediegenem Kupfer). Berühmt sind die wasserhellen spätigen Stücke von Island.

2. Marmor, körnig-kristallinisch, jedoch werden auch gewisse schöngefärbte und politurfähige dichte Kalksteine mit dem Namen Marmor bezeichnet; durchscheinend bis undurchsichtig; schneeweiß, grau, gelb, grün, rot, schwarz, auch mehrfarbig geflammt und geadert (marmoriert). Am berühmtesten sind der blendendweiße karrarische Marmor, welcher sich auf der Westseite der Apuanischen Alpen findet, und der parische Marmor, welcher etwas grobkörniger und nicht so blendend weiß ist. Die Insel Paros besteht (außer aus kristallinischen Schiefern) wohl zu drei Vierteln aus Marmor. Bunter dichter Marmor kommt vor auf Chios, in Deutschland im Harz, im Fichtelgebirge, ferner bei Salzburg u. a. O. Über die Entstehung des Marmors wie des Kalksteins siehe Petrographie.

3. Gemeiner Kalkstein, dicht, tonhaltig; von flachmuscheligem Bruch; grau, gelb, schwarz, bläulich, auch gefleckt und geadert. Besitzt eine große Verbreitung und setzt, oft ganze Gebirge bildend, einen bedeutenden Teil der Erdrinde zusammen. Besondere Erwähnung verdienen: der lithographische Kalkstein (Solnhofen) von sehr gleichförmiger dichter Struktur, gelblicher Farbe und ausgezeichneter Schichtung; der braungefärbte Stinkkalk, welcher beim Reiben oder Zerschlagen einen eigentümlichen, auf einen Gehalt an Bitumen zurückzuführenden Geruch entwickelt; der Mergelkalk mit einem Gehalt von 15 bis 25 % Ton; endlich der Kalktuff, welcher porös ist und sich aus kalkhaltigem Wasser abgesetzt hat.

4. Tropfstein, ein körniger oder faseriger Kalkstein von sehr deutlichem kristallinischen Gefüge, welcher sich aus Wasser, worin saures Calciumkarbonat (doppeltkohlensaurer Kalk) gelöst war, abgesetzt hat. Seine Bildung findet noch fortwährend statt. Die Tropfsteingebilde hängen entweder wie Eiszapfen von der Decke der Höhlen in Kalk- oder Dolomitgebirgen herab (Stalaktiten), oder sie ragen vom Boden in die Höhe (Stalagmiten, στάλαγμα, Tropfen). Durch Vereinigung beider entstehen freistehende Säulen. Berühmte Tropfsteinhöhlen sind die Baumanns- und Bielshöhle im Harz, die Sundwicher- und Dechenhöhle bei Iserlohn, die Adelsberger Grotte bei Triest, die Mammuthöhle in Kentucky.

5. Oolithischer Kalkstein (ᾠόν, Ei), in gewisser Ausbildung wegen der Ähnlichkeit mit Fischrogen auch Rogenstein genannt, besteht aus kleinen kugeligen Kalkkörnern von Hirsekorn- bis Erbsengröße, welche konzentrischschalig und radial-faserig sind. Im Innern der Körner findet sich oft ein fremder Kern, z. B. ein Sandkorn. Die Körner liegen entweder dicht zusammen oder sind durch ein kalkiges oder toniges Bindemittel verkittet.

Oolithische Kalksteine besitzen, als Glieder verschiedener Gebirgsformationen, bedeutende Verbreitung, so im Buntsandstein am Harz, in der Jura-Formation Englands.

6. Kreide, ein Gemenge von feinerdigen Teilchen von Calciumkarbonat mit vielen mikroskopisch kleinen kalkigen Schalen von Foraminiferen (Wurzelfüßern); weiß oder gelblich, weich, abfärbend. Die Kreide bildet ganze Felsmassen, so auf Rügen, an den Küsten Englands und der Insel Kreta.

Der wasserhelle isländische Doppelspat findet Verwendung zur Herstellung optischer Instrumente, der Marmor zu Bildhauerarbeiten und architektonischen Verzierungen; der gemeine Kalkstein dient als Baustein und liefert gebrannt den Hauptbestandteil des Mörtels; außerdem benutzt man den gebrannten Kalk in der Gerberei, Seifensiederei usw. Der obenerwähnte Kalkstein von Solnhofen liefert die Platten zur Lithographie; der Kalktuff und der Rogenstein dienen als Bausteine. Die Kreide endlich wird zum Schreiben, zum Putzen und Polieren von Metallen, als Anstrichfarbe usw. benutzt.

68. Magnesit.

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Kalkspat; gewöhnlich R $\{10\bar{1}1\}$ (Polkantenwinkel 107° 20′). Kristalle einzeln eingewachsen; oft in körnigen Massen. — Spaltbar nach R sehr vollkommen; H. = 4—4,5; G. = 2,9 bis 3,1; farblos, schneeweiß, gelblich, grau; Glasglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $MgCO_3$, meist mit kleiner Beimengung von Calcium-, Eisen- und Mangankarbonat; vor dem Lötrohr unschmelzbar; löst sich in Säuren erst beim Erwärmen. — Kristalle eingewachsen im Talk- und Chloritschiefer am St. Gotthard, im Zillertal, Pfitschtal, auch im Serpentin von Snarum in Norwegen; in selbständigen Lagern im Tonschiefer an verschiedenen Orten in Steiermark.

Als besondere Varietät unterscheidet man den dichten Magnesit, welcher in nierenförmigen und derben Massen auftritt. Sein Bruch ist muschelig; H. = 3—5; er enthält neben $MgCO_3$ zuweilen etwas Kieselsäure; Baumgarten und Frankenstein in Schlesien, Steiermark.

Der Magnesit dient zur Darstellung von Kohlendioxyd und Bittersalz und in Steiermark zur Fabrikation feuerfester Ziegel.

69. Dolomit.

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch (s. S. 36), deshalb nur scheinbar isomorph mit Kalkspat; gewöhnlich R $\{10\bar{1}1\}$ (Polkantenwinkel 106° 15′), oft mit sattelförmig gekrümmten Flächen; Kombinationen: R · 0R $\{0001\}$; 4R $\{40\bar{4}1\}$ · 0R; R · —2R $\{02\bar{2}1\}$ · —$\frac{4}{5}$R $\{04\bar{4}5\}$; auch ∞P2 $\{11\bar{2}0\}$ und Rhomboeder dritter Art; Zwillinge nach ∞R $\{10\bar{1}0\}$. Daß der Dolomit nicht hemiedrisch, sondern tetartoedrisch kristallisiert, geht auch daraus

hervor, daß die mit Salz- oder Schwefelsäure auf R desselben erhaltenen Ätzfiguren im Gegensatz zu denjenigen des Kalkspats gänzlich unsymmetrisch gestaltet sind. Kristalle auf- und eingewachsen, in Drusen, auch in kugeligen, traubigen und nierenförmigen Aggregaten; in grob- bis feinkörnigen und dichten Massen. — Spaltbar nach R vollkommen; H. = 3,5—4,5; G. = 2,85—2,95; farblos, weiß, gelb, grau; Glasglanz, durchscheinend bis durchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: entweder $CaCO_3 + MgCO_3$ (Normaldolomit) oder diese Verbindung gemischt mit Calciumkarbonat; in dem sog. Braunspat ist ein Teil des Magnesiums des Normaldolomits durch Eisen und Mangan ersetzt. Vor dem Lötrohr unschmelzbar; braust mit Salzsäure nicht oder sehr wenig, löst sich darin erst in der Wärme. — Der Dolomit bildet im körnigen bis dichten Zustande ganze Gebirgsmassen und zeichnet sich dabei durch kühne Felsbildungen und Reichtum an Höhlen aus (Tiroler Alpen). Er unterscheidet sich vom Kalkstein durch seine größere Härte und Schwere. In den Höhlungen des Gesteins wie auch auf Erzgängen findet sich das deutlich kristallisierte Mineral meist in Form von Rhomboedern: Campolongo am St. Gotthard, Greiner in Tirol, Leogang im Salzburgischen, Freiberg, Traversella; besonders schöne und flächenreiche Kristalle im körnigen Dolomit des Binnentals. Eingewachsen im Gips bei Hall (Tirol) und im Chlorit- und Talkschiefer der Alpen.

70. Zinkspat (Galmei).

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Kalkspat; gewöhnlich R $\{10\bar{1}1\}$ (Polkantenwinkel 107° 40′). Kristalle meist klein, häufig gerundet; besonders in traubigen, nierenförmigen und tropfsteinartigen faserigen Aggregaten, auch derb, feinkörnig bis dicht. — Spaltbar nach R; H. = 5; G. = 4,1 bis 4,5; farblos, doch meist grau, gelb, braun, auch grün; Glas- bis Perlmutterglanz, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: $ZnCO_3$, meist mit etwas Eisen-, Mangan-, Calcium- und Magnesiumkarbonat; geht vor dem Lötrohr unter Abgabe von Kohlendioxyd in Zinkoxyd über; in warmer Salzsäure unter Aufbrausen leicht löslich. — Findet sich zusammen mit Kieselzinkerz, Bleiglanz und andern Erzen: Altenberg bei Aachen, Brilon (Westfalen), Tarnowitz, Chessy bei Lyon, England, Spanien, am oberen Mississippi.

Der Zinkspat ist eines der wichtigsten Erze zur Gewinnung des Zinks.

71. Manganspat.

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Kalkspat; gewöhnlich R $\{10\bar{1}1\}$ (Polkantenwinkel 107° 2′), auch $-\frac{1}{2}$R $\{01\bar{1}2\}$. Kristalle oft sattel- oder linsenförmig gekrümmt, in Drusen; auch kugelige und nierenförmige Aggre-

gate sowie derbe Massen. — Spaltbar nach R; H. = 3,5—4,5; G. = 3,3 bis 3,6; rosen- bis himbeerrot, rotbraun; Glas- oder Perlmutterglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $MnCO_3$, mit etwas Calcium-, Magnesium- und Eisenkarbonat; vor dem Lötrohr unschmelzbar, färbt sich dabei grünlich-grau bis schwarz; gibt mit Soda in der äußeren Flamme eine blau-grüne Schmelze; leicht löslich in warmer Salzsäure. — Fundorte: Diez, Horhausen, Freiberg, Kapnik, Nagyag, die Pyrenäen.

Wichtiges Manganerz für die Darstellung manganhaltigen Eisens.

72. Eisenspat (Spateisenstein, Siderit).

Hexagonal rhomboedrisch, isomorph mit Kalkspat; gewöhnlich R $\{10\bar{1}1\}$ (Polkantenwinkel 107°), seltener ∞ R $\{10\bar{1}0\}$, 0R $\{0001\}$, $-\frac{1}{2}$R $\{01\bar{1}2\}$, R 3 $\{3\bar{1}21\}$ u. a.; die Rhomboederflächen oft sattelförmig gekrümmt. Kristalle aufgewachsen, in Drusen; oft in spätigen und körnigen Massen, auch kugel- und nierenförmig (Sphärosiderit); dicht und mit Ton verunreinigt in nieren- und linsenförmigen Massen (toniger Siderit). — Spaltbar nach R; H. = 3,5 bis 4,5; G. = 3,8; grau, gelblich, gelb-braun; Glas- bis Perlmutterglanz, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: $FeCO_3$, meist mit beigemischtem Mangan- und Magnesiumkarbonat; schwärzt sich vor dem Lötrohr unter Abgabe von CO_2 und wird magnetisch; in Säuren beim Erwärmen unter Aufbrausen löslich. — Findet sich auf Gängen sowie in bedeutenden Massen in Lagern und Stöcken innerhalb von Kalksteinen in kristallinischen Schiefern: Siegen, Müsen, Horhausen, Freiberg, Neudorf im Harz, Eisenerz in Steiermark, Hüttenberg in Kärnten; der Sphärosiderit zu Steinheim bei Hanau; der tonige Siderit häufig in der Steinkohlenformation, so in Westfalen, Schlesien und England.

Als Kohleneisenstein (Blackband) bezeichnet man ein inniges Gemenge von tonigem Siderit mit Kohle, welches 35—78% Eisenkarbonat enthält und sich in ziemlich mächtigen Lagern bei Bochum in Westfalen, in Schottland und England findet.

Der Eisenspat und der tonige Siderit, desgleichen der Kohleneisenstein liefern ein vorzügliches Eisen.

73. Aragonit.

Rhombisch[1], anscheinend isomorph mit Kalisalpeter; gewöhnliche Kombinationen: ∞ P $\{110\}$ (mit einem vorderen Winkel von 116° 12′) · ∞ P̆ ∞ $\{010\}$ · P̆ ∞ $\{011\}$; dieselbe mit P $\{111\}$ (Fig. 171); ∞ P · ∞ P̆ ∞ · 0P $\{001\}$, letztere Fläche oft parallel der Brachydiagonale gestreift. Manchmal

---

[1] a : b : c = 0,6224 : 1 : 0,7206.

treten sehr spitze Pyramiden und steile Brachydomen auf. Kristalle lang- und kurzsäulenförmig, auch spitz pyramidal und spießig. Fast stets Zwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche von ∞P (Fig. 124 und 125). Bei Zwillingen mit gestreifter Basis erleichtert die Streifung die Erkennung der einzelnen Individuen und der Zwillingsgrenzen. Kristalle eingewachsen oder aufgewachsen und in Drusen; auch stengelige und faserige Massen, letztere in Platten, als Absatz aus heißen Quellen in konzentrisch-schaligen Kugeln (Erbsenstein), Krusten und Stalaktiten (Sprudelstein, Aragonitsinter), endlich in zackigen Gestalten (Eisenblüte). Calciumkarbonat scheint sich aus kaltem Wasser vornehmlich als Kalkspat, aus heißem meist als Aragonit abzuscheiden. — Spaltbar nach $\infty \breve{P} \infty$, jedoch undeutlich, Bruch muschelig bis uneben; spröd; H. = 3,5—4; G. = 2,9—3; farblos, doch oft gelblich, rötlich, grau gefärbt; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend, auch undurchsichtig. Die optischen Achsen liegen in der Achsenebene b c; optische Mittellinie parallel Achse c. Hinsichtlich der Ätzfiguren s. S. 69. — Chemische Zusammensetzung: $CaCO_3$, zuweilen mit etwas Strontiumkarbonat; im Kolben erhitzt, schwillt er an und zerfällt zu einem weißen Pulver; gegen Säuren verhält er sich wie Kalkspat. — Weniger häufig als dieser und nie felsbildend; auf Erzgängen und Lagern: Leogang in Salzburg, Herrengrund in Ungarn, Hüttenberg in Kärnten (Eisenblüte); auf Klüften und Hohlräumen im Basalt und Basalttuff: Bilin in Böhmen; eingewachsen in Gips und Ton: Dax in den französischen Pyrenäen, Molina in Aragonien, Girgenti (mit Schwefel); als Quellabsatz: Karlsbad (Erbsen- und Sprudelstein).

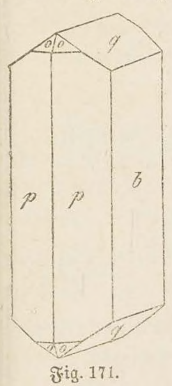


Fig. 171.

74. Strontianit.

Rhombisch, isomorph mit Aragonit; eine gewöhnliche Kombination ist $\infty P\{110\} . \infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot P\{111\} \cdot 2\breve{P}\infty\{021\}$; dieselbe auch mit $0P\{001\}$; manchmal treten sehr spitze Pyramiden und steile Brachydomen auf. Kristalle und Zwillinge nach ∞P ähnlich denen des Aragonits, säulen- und nadelförmig, spießig, in Büscheln; derb in faserigen, strahligen Massen. — H. = 3,5; G. = 3,7; farblos, weiß, graulich, gelblich, grünlich; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $SrCO_3$, meist mit etwas Calciumkarbonat. Färbt die Lötrohrflamme schön karminrot, namentlich nach dem Befeuchten mit Salzsäure; leicht löslich in Salz- oder Salpetersäure unter Entwicklung von Kohlendioxyd. — Bildet zwischen Hamm, Beckum und Lüdinghausen in Westfalen, namentlich bei Drenstein-

furt, Gänge im Mergel der Kreideformation; weitere Fundorte: Bräunsdorf bei Freiberg, Clausthal, Leogang, Strontian in Schottland.

Dient zur Gewinnung von Strontiumsalzen bzw. zur Herstellung von Rotfeuer, hauptsächlich zur Abscheidung von kristallisierbarem Zucker aus der Melasse.

75. Witherit.

Rhombisch, isomorph mit Aragonit; häufige Kombination: P {111} · $2\breve{P}\infty$ {021} (einer hexagonalen Pyramide ähnlich); eine andere Kombination stellt Fig. 172 dar: o = P, q' = $2\breve{P}\infty$, p = ∞P {110}, b = $\infty\breve{P}\infty$ {010}. Zwillinge nach ∞P und Drillinge mit vollkommener Durchkreuzung der Individuen. Kristalle ziemlich selten, meist kugelige, traubige, nierenförmige und derbe Massen von strahliger Textur. — Spaltbar nach ∞P unvollkommen; H. = 3 bis 3,5; G. = 4,3; farblos, weiß, graulich, gelblich; Glasglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $BaCO_3$; schmilzt vor dem Lötrohr zu einem klaren, nach der Abkühlung weißen Glase; färbt die Flamme gelblich-grün; in Salz- und Salpetersäure unter Aufbrausen löslich. — Selten, auf Erzgängen, meist mit Bleiglanz: Alston Moor in Cumberland, Dufton in Westmoreland, Hexham in Northumberland, Leogang, Freiberg.

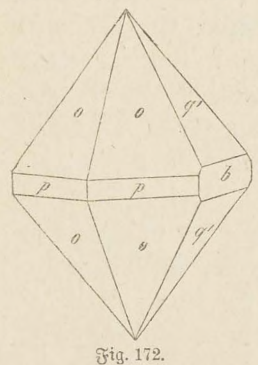


Fig. 172.

Dient zuweilen als Rattengift (Rattenstein) sowie zur Darstellung anderer Barhumsalze.

76. Weißbleierz (Cerussit).

Rhombisch, isomorph mit Aragonit; häufig die Kombination Fig. 167, doch b = $\infty\breve{P}\infty${010} gewöhnlich stärker ausgedehnt und parallel der Brachydiagonale gestreift, die Kristalle dann tafelartig und oft nach der Achse a verlängert; auch 0P{001}, $\frac{1}{2}\breve{P}\infty${012}, $\breve{P}\infty${011} u. a.; Berührungs- und Durchkreuzungszwillinge nach ∞P{110} gegenüber den einfachen Kristallen vorherrschend, auch Drillinge. Kristalle einzeln aufgewachsen oder in Gruppen und Drusen; Pseudomorphosen nach Bleiglanz, Flußspat, Kalkspat u. a., derb in stengeligen Massen; auch feinkörnig und erdig, dabei jedoch verunreinigt (Bleierde). — Spaltbar nach ∞P deutlich, Bruch muschelig; spröd; H. = 3—3,5; G. = 6,5; farblos, weiß, grau, braun, schwarz (Schwarzbleierz); Diamant- und Fettglanz, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $PbCO_3$; verknistert vor dem Lötrohr; läßt sich leicht zum Bleikorn reduzieren; löst sich in Salpetersäure unter Aufbrausen. — Kommt meist mit Bleiglanz, woraus es entstanden, zusammen vor: Ems und Braubach in Nassau, Bleiberg bei Commern

(Eifel), Johanngeorgenstadt, Tarnowitz in Oberschlesien, Mies in Böhmen, Przibram, Schottland, Kolorado.

Dient zur Gewinnung von Blei.

77. Kupferlasur.

Monoklin; häufige Kombination: 0 P{001} · ∞ P{110} · ∞ P ∞{100} · — P{111}. Kristalle säulenförmig und tafelartig, meist in Drusen; auch in strahligen Aggregaten bis dicht, erdig als Überzug; in Pseudomorphosen nach Rotkupfererz und Fahlerz. — Spaltbar nach P ∞{011}, Bruch muschelig bis uneben; H. = 3,5—4; G. = 3,7; lasurblau, Strich smalteblau; Glasglanz, kantendurchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: basisches Karbonat des Kupfers $Cu(Cu \cdot OH)_2(CO_3)_2$, kann auch geschrieben werden $2\,CuCO_3 \cdot CuH_2O_2$; verliert, im Kolben erhitzt, Wasser und schwärzt sich; läßt sich auf Kohle vor dem Lötrohr leicht zum Kupferkorn reduzieren; löst sich unter Aufbrausen in Säuren. — Findet sich nicht häufig, meist zusammen mit Malachit: Chessy bei Lyon, Neu-Moldawa im Banat, Ural, Adelaide in Australien, Arizona.

Dient zur Gewinnung von Kupfer und Kupfervitriol, wurde früher als Farbe (Bergblau) benutzt.

78. Malachit.

Monoklin; deutliche Kristalle (gewöhnlich in der Kombination ∞ P{110} · 0 P{001} · ∞ P ∞{100} und als Zwillinge nach ∞ P ∞) selten, meist nadelförmig; in faserigen, konzentrisch-schaligen Massen mit traubiger oder nierenförmiger Oberfläche, selten dicht; auch eingesprengt und als Anflug. Häufig in Pseudomorphosen nach Kupferlasur, Rotkupfererz, Kupfer, Kupferglanz, Kupferkies und Fahlerz. — Spaltbar sehr vollkommen nach 0 P und nach ∞ P ∞{010}, Bruch der Aggregate faserig bis splitterig; H. = 3,5—4; G. = 3,8—4; smaragd- bis spangrün, Strich spangrün; Kristalle diamant- bis glasglänzend, Aggregate seidenglänzend bis matt, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: ein basisches Karbonat des Kupfers $(Cu \cdot OH)_2CO_3$, kann auch geschrieben werden $CuCO_3 \cdot CuH_2O_2$; verhält sich wie Kupferlasur. — Zusammen mit andern Kupfererzen oder Brauneisenerz sehr verbreitet, wenn auch meist nicht in großer Menge, namentlich bei Rheinbreitbach, Betzdorf bei Siegen, Ems, Dillenburg, Chessy bei Lyon, Moldawa im Banat, Nischne Tagilsk und Gumeschewsk am Ural, ferner an vielen Orten in Nordamerika, in Australien. Die schönsten Kristalle wurden wohl auf Grube Friedrichssegen bei Ems, die größten Blöcke (bis zu 40 Zentner schwer) am Ural gefunden.

Der Malachit gehört wie Kupferlasur zu den geschätztesten Kupfererzen. Die faserigen und dichten Massen werden zu Schmucksachen, Dosen, Leuchtern, Ornamenten, Tischplatten usw. verarbeitet. Feingerieben dient der Malachit als Farbe (Berggrün).

79. Soda.

Monoklin, deutliche Kristalle nur künstlich; gewöhnlich die Kombination $P\{11\bar{1}\} \cdot \infty P\{110\} \cdot \infty P\infty\{010\}$. Die natürliche Soda erscheint als körnige und stengelige Krusten und Auswitterung des Bodens. — Spaltbar nach $\infty P\infty\{100\}$; H. = 1,5; G. = 1,4; farblos, weiß, glasglänzend, in Kristallen durchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: $Na_2CO_3 + 10H_2O$; verwittert sehr leicht und zerfällt zu Pulver, leicht löslich in Wasser, braust mit Säuren. — Findet sich bei Debreczin in Ungarn in der heißen Jahreszeit als Auswitterung des Bodens, hauptsächlich aber in Unterägypten als Rückstand der eintrocknenden Natronseen. Die meiste Soda wird künstlich aus Kochsalz dargestellt.

Wird hauptsächlich angewandt bei der Seifen- und Glasfabrikation, außerdem zum Waschen und als Beizmittel.

In der Provinz Sukena unweit Fezzan, an den Natronseen Ägyptens, in Südamerika und Ostindien findet sich ein saures Karbonat des Natriums $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 + 2H_2O$ in Platten und Krusten und wird Trona (Fezzan) oder Urao (Südamerika) genannt.

Dritte Gruppe: Sulfate und Chromate.

80. Anhydrit.

Rhombisch; Kristalle ziemlich selten; Kombination: $0P\{001\} \cdot \infty\bar{P}\infty\{100\} \cdot \infty\check{P}\infty\{010\} \cdot P\{111\}$, auch mit $2\check{P}2\{121\}$ und $\check{P}\infty\{011\}$; die Kristalle von Staßfurt zeigen: $\bar{P}\infty\{101\} \cdot \infty\check{P}\infty \cdot \check{P}\infty$; meist derb in grob- bis feinkörnigen, spätigen, stengeligen oder dichten Massen. — Spaltbar nach $0P$ und $\infty\check{P}\infty$ sehr und fast gleich vollkommen, nach $\infty\bar{P}\infty$ vollkommen (man kann deshalb leicht würfelähnliche Stücke durch Spaltung herstellen); H. = 3—3,5; G. = 2,8—3; farblos, weiß, rötlichweiß, bläulich, grau; auf $0P$ Perlmutterglanz, auf $\infty\check{P}\infty$ Glasglanz, auf $\infty\bar{P}\infty$ Fettglanz; durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $CaSO_4$; vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, wird von Salzsäure wenig angegriffen, als feines Pulver jedoch von konzentrierter Schwefelsäure gelöst. Geht durch Aufnahme von Wasser allmählich in Gips über. — Findet sich meist mit Gips und Steinsalz (s. Steinsalz) in Schichten, Lagern und Stöcken: Staßfurt, Lüneburg, Sulz am Neckar, am Kyffhäuser, Berchtesgaden in Bayern, Aussee in Steiermark, Hallein in Salzburg, Hall in Tirol, Bex in der Schweiz, Wieliczka; als Überzug und in Einschlüssen der Lava am Vesuv und auf der Aphroessa-Insel bei Santorin.

Gewisse Varietäten des Anhydrits werden zu Ornamenten, Tischplatten usw. verarbeitet.

81. Schwerspat (Baryt).

Rhombisch[1]; Kristalle meist tafelartig durch Vorherrschen von $0P\{001\}$, auch säulenförmig durch Vorherrschen von $\breve{P}\infty\{011\}$ oder $\frac{1}{2}P\infty\{102\}$. Die tafelartigen Kristalle zeigen gern entweder rhombischen Umriß (Kombination: $0P \cdot \infty P\{110\}$, Fig. 173) oder rechteckigen (Kombination: $0P \cdot \breve{P}\infty \cdot \frac{1}{2}P\infty$, Fig. 174). Eine der zahlreichen mehrzähligen Kombinationen stellt Fig. 175 dar: $c = 0P$, $p = \infty P$, $r' = \frac{1}{2}P\infty$, $q = \breve{P}\infty$, $o = P\{111\}$. Kristalle meist in Drusen und Gruppen; auch in kristallinischen blätterigen, stengeligen,

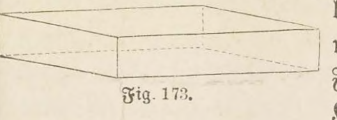


Fig. 173.

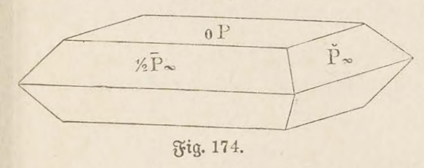


Fig. 174.

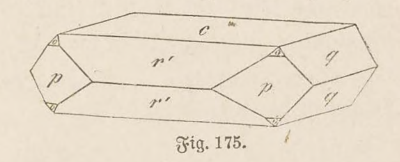


Fig. 175.

strahligen, faserigen und körnigen bis dichten Massen. — Spaltbar nach $0P$ vollkommen, nach ∞P ziemlich vollkommen; H. = 3—3,5; G. = 4,48; farblos, wasserhell, jedoch meist gefärbt, rötlichweiß, fleischrot, grau, gelblich, bläulich, braun; glas- bis fettglänzend, durchsichtig bis durchscheinend; die optischen Achsen liegen in der Achsenebene ac. — Chemische Zusammensetzung: $BaSO_4$, zuweilen mit etwas Strontiumsulfat; verknistert vor dem Lötrohr, sehr schwer schmelzbar, färbt die Lötrohrflamme gelblich-grün, schmilzt mit Soda zu einer klaren Masse, verhält sich gegen Säuren ähnlich wie Anhydrit. — Sehr häufig auf Erzgängen; schöne Kristalle beispielsweise von Freiberg, Marienberg, Annaberg, Claustal, Przibram in Böhmen, Schemnitz und Felsöbanya in Ungarn, Royat in der Auvergne, Egremont (Cumberland), Slatoust im Ural; faseriger, körniger und dichter Schwerspat von Freiberg, Rattenberg in Tirol, Peggau in Steiermark, Goslar und andern Orten.

Dient zur Darstellung von Baryumoxyd und der Baryumsalze, als weiße Farbe; mißbräuchlich zum Verfälschen von Bleiweiß und Weizenmehl.

82. Cölestin.

Rhombisch, isomorph mit Schwerspat; Kristalle meist säulenförmig durch Vorherrschen von $\breve{P}\infty\{011\}$, daneben $0P\{001\}$; selten tafelartig. Die säulenförmigen Kristalle werden an den beiden Enden begrenzt von $\infty P\{110\}$ und $\frac{1}{2}P\infty\{102\}$. Gewöhnlich in Drusen; auch in kristallinischen Massen von faseriger und körniger Textur; dicht. — Spaltbar

[1] a : b : c = 0,8152 : 1 : 1,3136.

wie Schwerspat; H. = 3—3,5; G. = 4; farblos, zuweilen wasserhell, weiß, bläulich-weiß, smalteblau, grau, selten gelblich oder rötlich; glas- bis fettglänzend, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $SrSO_4$; verknistert vor dem Lötrohr, ziemlich leicht schmelzbar, färbt die Lötrohrflamme karminrot; verhält sich gegen Säuren wie der vorige. — Findet sich in Drusenräumen und als Nester in verschiedenen Gebirgsformationen, namentlich im Mergel und Kalkstein, selten auf Erzgängen: Dornburg bei Jena, Rüdersdorf bei Berlin, Pschow bei Ratibor in Oberschlesien, Bristol in England, Leogang in Salzburg, Herrengrund in Ungarn; besonders in schönen farblosen Kristallen mit Schwefel, Kalkspat und Gips auf Sizilien (Girgenti, Caltanisetta, Racalmuto), in großen Kristallen auch bei Mokattam in Ägypten.

Wird benutzt zur Darstellung von Strontiumoxyd und der Strontiumsalze sowie in der Zuckerfabrikation.

83. Anglesit (Vitriolbleierz, Bleivitriol).

Rhombisch, isomorph mit Schwerspat; häufig auftretende Flächen: $\infty P\{110\}$, $\frac{1}{2}\bar{P}\infty\{102\}$, $\breve{P}\infty\{011\}$, $0P\{001\}$, $\infty\bar{P}\infty\{100\}$, $P\{111\}$, $\acute{P}2\{122\}$; Kombinationen sehr mannigfaltig, manchmal ähnlich denen des Schwerspats. Kristalle oft sehr flächenreich, einzeln aufgewachsen und in Drusen; Pseudomorphosen nach Bleiglanz; auch kristallinisch und derb. — Spaltbar nach ∞P und $0P$, weniger vollkommen als Schwerspat; Bruch muschelig, sehr spröd; H. = 3; G. = 6,3; farblos, wasserhell, gelblich, grau, braun; Diamant- und Fettglanz, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $PbSO_4$; schmilzt vor dem Lötrohr, wird auf Kohle zu Blei reduziert; gegen Säuren ähnlich wie Schwerspat, löslich in Kalilauge. — Findet sich auf Gängen, meist in zersetztem Bleiglanz: Müsen, Braubach bei Ems, Badenweiler, Claustal, Schwarzenbach und Miß in Kärnten, Leadhills in Schottland, Insel Anglesea, Beresowsk, Tintic-District in Utah, besonders Monte Poni auf Sardinien, Phönixville in Pennsylvanien — an diesen beiden Fundorten die schönsten Kristalle, zuweilen von mehreren Zoll Länge.

84. Glaubersalz.

Monoklin, jedoch schöne Kristalle nur selten; gewöhnliche Kombination: $0P\{001\} \cdot \infty\bar{P}\infty\{100\} \cdot \infty P\infty\{010\} \cdot \infty P\{110\}$, untergeordnet auch andere Flächen; Kristalle meist nach der Orthodiagonale verlängert. Findet sich in der Natur namentlich als Auswitterung und als mehlartiger Überzug auf Gips und Steinsalz, auch in Lagern für sich oder abwechselnd mit Steinsalz. — Spaltbar nach $\infty P\infty$ sehr vollkommen; H. = 1,5—2;

G. = 1,5; farblos und durchsichtig, weiß, glasglänzend; schmeckt salzig-bitter. — Chemische Zusammensetzung: $Na_2SO_4 + 10H_2O$; leicht löslich in Wasser, schmilzt in seinem Kristallwasser; verwittert an trockener Luft sehr leicht und zerfällt, indem es Kristallwasser verliert; färbt die Flamme gelb. — Findet sich in den Salzlagern von Hallstadt, Berchtesgaden; abwechselnd mit Steinsalz bei Logroño am Ebro, für sich in einem fünf Fuß mächtigen Lager bei Tiflis; gelöst in manchen Mineralquellen und Salzseen: Marienbad, Karlsbad, Eltonsee auf der linken Seite der unteren Wolga.

Anwendung als Arzneimittel und zur Soda- und Glasfabrikation.

85. Gips.

Monoklin[1]; gewöhnliche Kombination: $\infty P \infty \{010\} \cdot \infty P \{110\} \cdot -P\{111\}$ (Fig. 176, wo Kante o : o stumpfer als p : p); dieselbe mit $P\{11\bar{1}\}$; seltener andere Flächen, wie das Klinoprisma $\infty P 2 \{120\}$, das Hemidoma $\frac{1}{3} P \infty \{10\bar{3}\}$. Sehr häufig Zwillinge nach dem Orthopinakoid (Fig. 126), auch solche nach $-P\infty\{101\}$, also nach einer Ebene, welche die Kante o : o (Fig. 176) gerade abstumpft (die letzteren Zwillinge, welche groß im körnigen Gips des Montmartre vorkommen, werden wegen ihrer eigentümlichen Form auch Schwalbenschwanzzwillinge genannt). Kristalle entweder säulenförmig, oft nach ∞P verlängert, oder tafelartig nach $\infty P \infty$; manchmal linsenförmig mit gekrümmten Flächen; ein- und aufgewachsen, einzeln oder in Gruppen und Drusen; oft eigentümlich gebogen und gewunden; in farblosen spätigen Massen (Fraueneis, Marienglas), derb in körnigen bis dichten Aggregaten (Alabaster zum Teil), in faserigen Platten (Fasergips), schuppig (Schaumgips) und erdig. Pseudomorphosen nach Steinsalz, Anhydrit und Kalkspat. — Spaltbar nach $\infty P \infty$ sehr vollkommen, nach P deutlich, nach $\infty P \infty \{100\}$ unvollkommen; mild, in dünnen Blättchen biegsam; H. = 1,5—2; G. = 2,3; farblos, oft wasserhell, schneeweiß, auch rot, gelb, grau, braun; auf $\infty P \infty$ Perlmutter-, auf den faserigen Spaltungsflächen nach P Seiden-, sonst Glasglanz; durchsichtig bis durchscheinend; die optischen Achsen liegen bei gewöhnlicher Temperatur in der Symmetrie-Ebene (Achsenebene a c), bei höherer Temperatur (über 116° C.) hingegen in einer dazu senkrechten Ebene. — Chemische Zusammensetzung: $CaSO_4 + 2H_2O$; gibt im Kolben erhitzt Kristallwasser ab und wird weiß; nimmt, wenn er nicht über 190° erhitzt (totgebrannt) wurde, beim

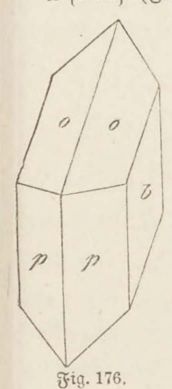


Fig. 176.

[1] a : b : c = 0,6899 : 1 : 0,4124; $\beta = 80^\circ 42'$.

Anfeuchten je nach dem Grade der Erhitzung mehr oder weniger rasch wieder Wasser auf und erhärtet; schmilzt vor dem Lötrohr zu einer weißen, alkalisch reagierenden Masse; löst sich in etwa 400 Teilen Wasser. — Sehr verbreitetes und in großer Menge vorkommendes Mineral, namentlich in Lagern und Stöcken im Gebiete verschiedener mittlerer und jüngerer Gebirgsformationen (s. auch Steinsalz); schöne Kristalle von Reinhardsbrunn in Thüringen, Bex im Kanton Waadt, Montmartre bei Paris, Wieliczka, Girgenti in Sizilien, Oxford und andern Orten; Fasergips von Ellrich bei Nordhausen; Alabaster von Volterra in Toskana.

Der dichte und feinkörnige weiße Gips (Alabaster) wird zu Bildhauerarbeiten, der feinfaserige (Seidengips) zur Herstellung von Perlen und sonstigen Schmuckgegenständen verwendet. Der gewöhnliche Gips dient nach dem Brennen als Mörtel, zu Stuckarbeiten, zum Gießen von Büsten, Figuren usw., auch zur Bereitung des künstlichen Marmors (Gipsmarmor). In der Landwirtschaft findet der ungebrannte Gips als Düngmittel für Klee und Hülsenfrüchte, sowie als Verbesserungsmittel des Bodens vielfache Anwendung.

86. Bittersalz.

Rhombisch, sphenoidisch-hemiedrisch; gewöhnliche Kombination: $\infty P\{110\} \cdot \frac{P}{2}\{111\}$ (Fig. 102); dieselbe mit $-\frac{P}{2}\{1\bar{1}1\}$; natürliche Kristalle sehr selten, aber künstlich schöne Kristalle bis zu bedeutender Größe, meist in körnigen, faserigen und erdigen Massen sowie als haarförmige und mehlartige Auswitterung des Bodens und verschiedener Gesteine. — Spaltbar nach $\infty \breve{P} \infty \{010\}$ vollkommen; H. = 2—2,5; G. = 1,68; farblos, weiß, grau; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend; schmeckt salzig-bitter. — Chemische Zusammensetzung: $MgSO_4 + 7H_2O$; in Wasser leicht löslich; schmilzt vor dem Lötrohr, gibt dann Kristallwasser und Schwefelsäure ab und leuchtet schön. — Kommt vor als Auswitterung in den Steppen Sibiriens, am Eltonsee, in Katalonien, ferner im Schieferton bei Offenburg in Baden, im Alaunschiefer von Idria, derb in körnigen Massen bei Leopoldshall, endlich aufgelöst in Mineralwassern (Bitterwasser) zu Epsom in England, Seidschütz und Püllna in Böhmen und an andern Orten.

Findet hauptsächlich Anwendung als Arzneimittel.

Der monokline Kieserit $MgSO_4 + H_2O$ findet sich in mit Steinsalz abwechselnden Schichten in der mittleren Region der Abraumsalze (Kieseritregion) bei Staßfurt und dient zur Bereitung von Bittersalz. Erwähnung verdient auch der gleichfalls monokline Kainit $MgSO_4 \cdot KCl + 3H_2O$, welcher bei Staßfurt und Kalusz in Galizien in stellenweise mächtigen Schichten vorkommt. Er wird zur Darstellung von Kalisalzen verwendet. Der kompliziert zusammengesetzte Polyhalit $2CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot K_2SO_4 + 2H_2O$ endlich wechselt in der unteren Region der Abraumsalze bei Staßfurt in sehr dünnen Schichten mit Steinsalz ab (Polyhalitregion).

— Isomorph mit Bittersalz ist der Zinkvitriol $ZnSO_4 + 7H_2O$, welcher in der Natur meist haar- und nadelförmig, auch tropfsteinartig und in Krusten auftritt und hauptsächlich durch Verwitterung von Zinkblende entsteht.

87. Eisenvitriol.

Monoklin, schöne Kristalle jedoch nur künstlich; gewöhnliche Kombinationen: ∞P{110} · 0P{001}; ∞P · 0P · Ꝑ∞$\{10\bar{1}\}$; dieselbe mit ∞Ꝑ∞{010}; auch die in Fig. 177 dargestellte mit den Flächen ∞P(p), 0P(c), Ꝑ∞(r′), —Ꝑ∞{101}(r), ∞Ꝑ∞(b), —P{111}(o), Ꝑ∞{011}(q). Kristalle meist kurzsäulenförmig; in der Natur fast nur in tropfsteinartigen, traubigen und nierenförmigen Massen sowie als Krusten. — Spaltbar nach 0P vollkommen, nach ∞P unvollkommen; H. = 2; G. = 1,85; grün, oft (durch Oxydation) gelb beschlagen; durchsichtig bis durchscheinend; die optischen Achsen liegen in der Achsenebene a c; schmeckt süßlich-herbe. — Chemische Zusammensetzung: $FeSO_4 + 7H_2O$; leicht löslich in Wasser; schmilzt in seinem Kristallwasser; bei stärkerem Erhitzen entweicht Wasser, Schwefeldioxyd und Schwefelsäure, während Eisenoxyd hinterbleibt. — Der Eisenvitriol bildet sich durch Verwitterung von Schwefelkies, Markasit und andern Erzen; Fundorte sind Goslar, Graul bei Schwarzenberg im Erzgebirge, Bodenmais, Fahlun.

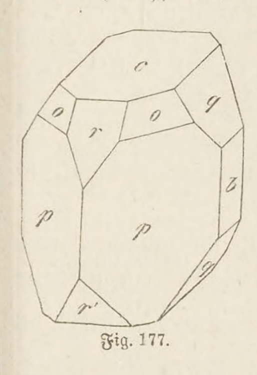


Fig. 177.

Künstlich dargestellter Eisenvitriol findet Anwendung in der Färberei, zur Bereitung von schwarzer Tinte und Berlinerblau sowie zur Gewinnung des sog. Nordhäuser Vitriolöls (rauchende Schwefelsäure).

88. Kupfervitriol.

Triklin, deutliche Kristalle fast nur künstlich; gewöhnliche Kombination: ∞P′,{110}(p) · ∞,′P$\{1\bar{1}0\}$(p′) · P,$\{11\bar{1}\}$(o); die in Fig. 112 dargestellte Kombination zeigt außer den genannten Flächen noch ∞P̄∞{100}(a), ∞P̆∞{010}(b), 0P{001}(c), ,P̆′∞{011}(q), ′P̆,∞$\{0\bar{1}1\}$(q′), 2′P̆,∞$\{0\bar{2}1\}$(q″), 3P̆,3$\{13\bar{1}\}$(o′). Kristalle keilförmig scharfkantig; natürlich in tropfsteinartigen, nierenförmigen Massen, als Überzug. — Bruch muschelig; H. = 2,5; G. = 2,28; blau; durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend; von widerlichem Geschmack. — Chemische Zusammensetzung: $CuSO_4 + 5H_2O$; leicht löslich in Wasser; in der Lösung überzieht sich Eisen mit metallischem Kupfer unter Bildung von Eisenvitriol; verliert beim Erhitzen Kristallwasser und wird weiß; gibt mit Soda

auf Kohle vor dem Lötrohr ein Kupferkorn. — Der Kupfervitriol bildet sich (meist nur in geringen Mengen) hauptsächlich durch Verwitterung von Kupferkies: Goslar, Siegen, Brilon, Herrengrund, Moldowa im Banat, Spanien, Griechenland; reichlich bei Copaquire in Chile.

Wird (künstlich dargestellt) in der Färberei und zur Bereitung verschiedener Malerfarben verwendet; bei beträchtlichem Vorkommen wird Kupfer daraus gewonnen.

89. Alaune.

Die zahlreichen Glieder der Alaungruppe sind isomorph, kristallisieren regulär und lassen sich hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sämtlich auf die allgemeine Formel $RR'(SO_4)_2 + 12H_2O$ oder $R_2SO_4 + R'_2(SO_4)_3 + 24H_2O$ zurückführen, worin $R = K$ oder ein ähnliches Metall (wie Rubidium, Cäsium), auch Ammonium NH_4, R' hingegen $= Al$, Fe oder Cr sein kann. Bei den in der Natur vorkommenden Alaunen ist R' stets $= Al$.

a) Kali-Alaun; gewöhnlich nur $O\{111\}$, untergeordnet auch $\infty O\{110\}$ und $\infty O \infty\{100\}$; kristallisiert aus alkalischer Lösung im Würfel, aus salzsaurer in der Kombination $\infty O \infty \cdot \frac{\infty O 2}{2}\{210\}$, ist demnach pyritoedrisch-hemiedrisch; in der Natur selten deutlich kristallisiert, meist als Auswitterung. — H. = 2—2,5; G. = 1,8; farblos, weiß, durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend; von süßlich zusammenziehendem Geschmack. — Chemische Zusammensetzung: $KAl(SO_4)_2 + 12H_2O$; löslich in Wasser; schmilzt im Kolben unter Abgabe von Wasser, der Rückstand entwickelt beim Glühen Schwefeldioxyd. — Findet sich in Klüften und Spalten von Laven: Vesuv; als Produkt brennender schwefelkieshaltiger Steinkohlenflötze: Dudweiler bei Saarbrücken; als Ausblühung auf schwefelkieshaltigen Schiefergesteinen: Potschappel bei Dresden, Amsteg in der Schweiz.

b) Ammoniak-Alaun; enthält statt $K-(NH_4)$, entwickelt mit Soda erhitzt Ammoniak; findet sich in faserigen Platten im Braunkohlenlager bei Tschernig in Böhmen, auch als Sublimationsprodukt an Vulkanen.

c) Ein Natron-Alaun, welcher statt Kalium Natrium enthält, findet sich als weiße seidenartige Fasern in der Solfatara, auf Milo und bei San Juan in Argentinien. Sein Kristallwassergehalt ist meist etwas kleiner, als der allgemeinen Formel entspricht; er ist wahrscheinlich nicht regulär. In Wasser viel löslicher als Kali-Alaun.

Der aus Alaunstein (s. unten), Alaunschiefer und Alaunerde (einem mit Bitumen oder Braunkohle und Schwefelkies gemengten Ton) sowie aus Ton fabrikmäßig gewonnene Kali-Alaun findet Anwendung als Arzneimittel, als Beize in der Färberei, bei der Weißgerberei, der Papierfabrikation und zur Bereitung gewisser Farben.

Der Alaunstein (Alunit), welcher in würfelähnlichen Rhomboedern kristallisiert, meist aber in körnigen bis dichten, mit Quarz gemengten Massen auftritt,

ist als ein Zersetzungsprodukt feldspathaltiger Gesteine zu betrachten und nach der Formel $K \cdot 3[Al(OH)_2](SO_4)_2$ zusammengesetzt; er enthält also die zur Bildung von Kali-Alaun notwendigen Bestandteile. Durch Brennen und Auslaugen mit Wasser gewinnt man aus demselben Alaun, welcher wegen des Vorkommens von Alaunstein bei Tolfa im früheren Kirchenstaate als römischer Alaun bezeichnet wird.

90. Rotbleierz (Krokoit).

Monoklin; einige der zahlreichen Kombinationen sind: ∞ P {110} · — P {111}; ∞ P · P {111̄} · — P; ∞ P · — P · ∞ Ꝑ 2 {120}; ∞ P · 4 Ꝑ ∞ {401̄}. Kristalle meist säulenförmig nach ∞ P, vertikal gestreift, einzeln aufgewachsen oder in Drusen; in Pseudomorphosen nach Bleiglanz; auch derb in körnigen Massen. — Spaltbar nach ∞ P; mild; H. = 2,5—3; G. = 6; gelblich-rot, Strich orange; diamantglänzend, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $PbCrO_4$, Bleichromat; verknistert vor dem Lötrohr, das Pulver schmilzt leicht und wird auf Kohle zu Blei reduziert; färbt die Boraxperle grün; löst sich in heißer Salzsäure unter Entwickelung von Chlor und Abscheidung von Chlorblei. — Fundorte: Beresowsk und Nischne Tagilsk im Ural, Minas Geraes in Brasilien, Insel Luzon, Dundas in Tasmanien.

Das feingeriebene Rotbleierz, namentlich aber das künstlich dargestellte, mit jenem gleich zusammengesetzte Chromgelb findet Anwendung als Malerfarbe.

Vierte Gruppe: Molybdate und Wolframate; Uranate.

91. Gelbbleierz (Wulfenit).

Quadratisch, pyramidal-hemiedrisch; gewöhnliche Kombinationen: P {111} · 0 P {001} · ∞ P {110}; 0 P · $\frac{1}{3}$ P {113} · ∞ P; 0 P · $\frac{1}{2}$ P ∞ {102} · $\frac{1}{3}$ P; auch wohl mit Flächen eines Tritoprismas, z. B. $\frac{\infty P \frac{4}{3}}{2}$ {430}. Zuweilen deutlich hemimorph nach der Hauptachse. Kristalle tafelartig (oft sehr dünn) oder pyramidal, aufgewachsen, in Drusen; in Pseudomorphosen nach Bleiglanz; auch derb in körnigen Massen. — Spaltbar nach P deutlich, Bruch muschelig bis uneben; H. = 3; G. = 6,9; farblos, grau, meist wachs-, honig- bis zitrongelb, manchmal rot; Fett- bis Diamantglanz, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $PbMoO_4$, Bleimolybdat; verknistert vor dem Lötrohr stark, schmilzt und gibt auf Kohle kleine Bleikörner; das Pulver gibt mit konzentrierter Schwefelsäure bei Zusatz von etwas Alkohol eine prachtvoll blaue Lösung. — Findet sich zusammen mit Bleiglanz und andern Bleierzen namentlich im Kalkstein und Dolomit: Bleiberg und Kappel in Kärnten, Przibram in Böhmen, Partenkirchen in Bayern, Zacatecas in Mexiko, Phönixville in Pennsylvanien, Grube Tecomah in Utah, Arizona (hier die schönsten roten und gelben, meist tafelförmigen Kristalle).

92. Scheelit (Tungstein).

Quadratisch, pyramidal-hemiedrisch, isomorph mit Gelbbleierz; die Deuteropyramide P ∞ {101} tritt selbständig auf oder herrscht vor; wichtige Kombinationen

sind: $P\infty \cdot P\{111\}$; $P \cdot P\infty \cdot 0P\{001\}$; häufig auch die in Fig. 178 dargestellte Kombination: $o' = P\infty$, $o = P$, $s = \frac{3P3}{2}\{131\}$, $h = -\frac{P3}{2}\{313\}$; s und h sind Tritopyramiden von entgegengesetzter Stellung. Die Flächen der Deuteropyramide sind oft parallel der Kombinationskante mit s gestreift. Betreffs der Ergänzungszwillinge des Scheelits vgl. S. 55. Kristalle meist pyramidal, selten tafelartig; einzeln aufgewachsen und in Drusen, selten eingewachsen, häufig in paralleler Stellung verwachsen; derb und eingesprengt. — Spaltbar nach $P\infty$ unvollkommen; Bruch muschelig bis uneben; H. = 4,5—5; G. = 6; farblos, meist jedoch grau, gelb, braun; fett- bis diamantglänzend, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $CaWO_4$, Calciumwolframat; vor dem Lötrohr schwer schmelzbar; wird von Salzsäure unter Abscheidung von gelbem Wolframtrioxyd (Wolframsäureanhydrid) zersetzt. — Findet sich auf Zinn- und Eisenerzlagerstätten sowie auf Bleierzgängen: Zinnwalde in Böhmen, Cornwall, Connecticut (hier in großen Massen), Framont im Elsaß, Traversella in Piemont, Neudorf im Harz; in kristallinischen Schiefern: Schwarzenberg in Sachsen, Riesengrund im Riesengebirge, Sulzbachtal in Salzburg (hier selten, aber in den schönsten Kristallen), Haslital (ungewöhnlich große Kristalle).

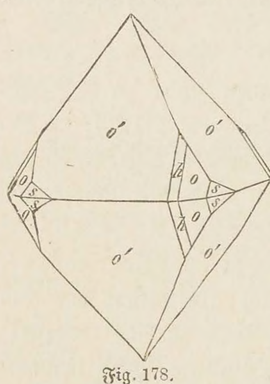


Fig. 178.

Dient zur Darstellung von Wolframsäure und deren Salzen (s. auch Wolframit).

93. Wolframit.

Monoklin; Kristalle (oft groß) gewöhnlich mit $\infty P\{110\}$, $\infty P\infty\{100\}$, $-\frac{1}{2}P\infty\{102\}$, $P\infty\{011\}$; Zwillinge nach $\infty P\infty$. — Spaltbar nach $\infty P\infty\{010\}$ sehr vollkommen; H. = 5—5,5; G. = 7,3; schwarz, Strich braun; fett- bis diamantglänzend, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: isomorphe Mischung von Eisen- und Manganwolframat, $FeWO_4$ und $MnWO_4$; schmilzt bei starkem Erhitzen vor dem Lötrohr; zersetzt sich bei Behandlung mit Salzsäure wie Scheelit. — Vorkommen ähnlich dem des Scheelits: Zinnwald, Schlaggenwald, Ehrenfriedersdorf (Sachsen).

Findet wichtige Anwendung zur Darstellung von Wolframmetall (Metallfadenlampen), Wolframstahl, Natriumwolframaten (Flammenschutzmittel, Wolframbronzen).

94. Uranpecherz (Pechblende).

Regulär; gewöhnlich $O\{111\}$, auch mit $\infty O \infty\{100\}$ und $\infty O\{110\}$; meist in derben Massen und eingesprengt. — Bruch muschelig bis uneben; H. = 5—6; G. = 8—9,7; grau- bis pechschwarz, Strich bräunlichschwarz; fettglänzend, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung so wechselnd, daß die Aufstellung einer Formel nicht möglich ist. Kann im allgemeinen als ein Salz der Uransäure H_6UO_6 betrachtet werden, wobei der Wasserstoff der Säure größtenteils durch vierwertiges Uran, zum kleineren

Teil durch Blei ersetzt ist. Doch zeigen die meisten Analysen hiervon noch Abweichungen, namentlich die derben Varietäten enthalten stets noch bedeutende Mengen anderer Bestandteile. So finden sich außer Calcium und Baryum die seltenen Elemente Thorium, Yttrium und Cerium, ferner Stickstoff und Helium (letzteres neben Argon zuerst in der als Cleveit bezeichneten Varietät nachgewiesen). Das Radium wurde zuerst in der Pechblende aufgefunden. Wasser ist namentlich in dem mehr oder weniger zersetzten Uranpecherz enthalten. Vor dem Lötrohr unschmelzbar; in der Wärme leicht löslich in Salpetersäure, die Lösung gibt mit Ammoniak einen gelben Niederschlag; wird von Salzsäure nicht angegriffen. — Findet sich kristallisiert als Gemengteil granitischer Gesteine: Halbinsel Anneröd in Norwegen, Insel Digelskär bei Öregrund in Schweden, Mitchell Co. in Nordkarolina; derb auf Erzgängen: Marienberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Joachimstal, Przibram.

Findet Anwendung in der Emailmalerei, zur Darstellung gewisser Farben und des Uranglases, ist in neuerer Zeit besonders wichtig geworden als Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Radiumpräparaten.

Fünfte Gruppe: Borate.

95. Boracit.

Scheinbar regulär, tetraedrisch-hemiedrisch; wichtigste Formen: $\infty O \infty$ $\{100\}$, ∞O $\{110\}$, $\frac{O}{2}$ $\{111\}$, alle drei zuweilen selbständig und oft vorherrschend; untergeordnet $-\frac{O}{2}$ $\{111\}$, das Triakistetraeder $-\frac{2O2'}{2}$ $\{2\bar{1}1\}$ und das Hexakistetraeder $\frac{5O\frac{5}{3}}{2}$ $\{531\}$. Die Kristalle besitzen entweder hexaedrischen, dodekaedrischen, tetraedrischen oder (durch annähernd gleiche Ausdehnung von $\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$) oktaedrischen Habitus. Einige einfache Kombinationen sind in den Figuren 28—31 und 33 dargestellt, während umstehende Fig. 179 eine Kombination aller oben genannten Formen zeigt: $h = \infty O \infty$, $d = \infty O$, $t = \frac{O}{2}$, $-t = -\frac{O}{2}$, $-i = -\frac{2O2}{2}$, $a = \frac{5O\frac{5}{3}}{2}$. Kristalle meist klein, einzeln eingewachsen und ringsum ausgebildet. — Bruch muschelig, spröd; H. = 7; G. = 3; farblos, weiß, graulich, gelblich, grünlich; glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend.

Die Boracitkristalle liefern ein schönes Beispiel für Mimesie (S. 57). Sie erweisen sich, abweichend von der für die regulären Kristalle geltenden Regel, als doppeltbrechend und optisch zweiachsig, auch zeigen sie eigentümliche, auf Zwillingsbildung hindeutende Strukturverhältnisse; sie verhalten sich in optischer Beziehung

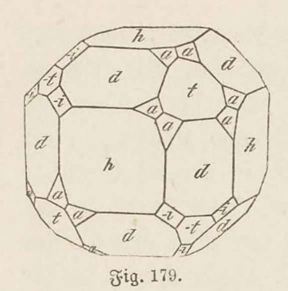


Fig. 179.

wie Kristalle des rhombischen Systems. Indes verlieren die bei gewöhnlicher Temperatur doppeltbrechenden Kristalle beim Erhitzen auf 265° C. plötzlich ihre Doppelbrechung und verwandeln sich in einfachbrechende, wobei zugleich der komplizierte Aufbau aus mehreren Teilkristallen verschwindet. Was die Boracitkristalle bei gewöhnlicher Temperatur äußerlich schon zu sein scheinen, nämlich einfache, reguläre Kristalle, das werden sie in Wirklichkeit erst bei 265°. Beim Erkalten unter diese Temperatur tritt wieder der frühere Zustand ein. Dieses Verhalten ist so zu erklären, daß die Substanz des Boracits dimorph ist, nämlich regulär bei einer Temperatur über 265° und rhombisch bei einer solchen unter 265°. Die Winkelverhältnisse der rhombischen Modifikation kommen aber denjenigen der regulären so außerordentlich nahe, daß es selbst bei genauen Messungen kaum möglich ist, beide zu unterscheiden. Die Folge davon ist, daß beide Modifikationen ineinander übergehen können, ohne daß diese Umwandlung äußerlich bemerkbar wird.

Chemische Zusammensetzung ausdrückbar durch die Formel $2 Mg_3 B_8 O_{15} + MgCl_2$, wahrscheinlich jedoch in der Weise zu deuten, daß in 8 Molekülen Diborsäure $H_2 B_2 O_4$ (im ganzen $H_{16} B_{16} O_{32}$) 14 Atome Wasserstoff durch Mg_7 und 2 Hydroxylgruppen HO durch Cl_2 ersetzt sind; dadurch erhält man die Formel $Mg_7 Cl_2 B_{16} O_{30}$. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, färbt dabei die Flamme grün; in Salzsäure schwer löslich. — Findet sich im Anhydrit und Gips von Lüneburg und vom Segeberge in Holstein, im Carnallit bei Staßfurt; an letzterem Orte auch in größerer Menge in erdigen oder faserigen Knollen (Staßfurtit).

96. Tinkal (Borax).

Monoklin; gewöhnlich die Kombination $\infty P\{110\} \cdot \infty \bar{P}\infty\{100\} \cdot \infty P\infty \{010\} \cdot 0P\{001\} \cdot P\{11\bar{1}\}$; Kristalle säulenförmig nach ∞P oder tafelartig nach $\infty \bar{P} \infty$. — Spaltbar nach $\infty \bar{P} \infty$, undeutlicher nach ∞P; Bruch muschelig; H. = 2—2,5; G. = 1,75; farblos, gelblich- oder grünlichweiß; fettglänzend, durchsichtig bis durchscheinend. Die Ebene der optischen Achsen steht senkrecht zur Achsenebene ac. — Chemische Zusammensetzung: $Na_2 B_4 O_7 + 10 H_2O$, Natriumtetraborat mit 10 Molekülen Kristallwasser; löslich in Wasser, bläht sich vor dem Lötrohr stark auf und schmilzt zu einer klaren Perle, färbt mit Schwefelsäure befeuchtet die Flamme grün. — Findet sich mit Steinsalz am Rande mehrerer Seen in Tibet, in großen Kristallen auf dem Boden des seichten Clear-Sees in Kalifornien, in Nevada.

Der gereinigte natürliche und der aus Borsäure (Sassolin) und Staßfurtit künstlich dargestellte Borax findet Anwendung als Flußmittel, zum Löten, zur Herstellung von Emaillen und Glasuren sowie als Arzneimittel.

Sechste Gruppe: Phosphate und Arsenate.

97. Apatit.

Hexagonal[1], pyramidal-hemiedrisch; wichtigste Kombinationen: $\infty P\{10\bar{1}0\} \cdot 0P\{0001\}$; $\infty P \cdot P\{10\bar{1}1\}$; $\infty P \cdot 0P \cdot P$ (Fig. 77); $\infty P \cdot 0P \cdot P \cdot 2P2\{11\bar{2}1\}$ (ähnlich Fig. 79); nicht selten auch die in Fig. 180 dargestellte: $m = \infty P$, $c = 0P$, $o = P$, $q = 2P2$, $o^2 = 2P\{20\bar{2}1\}$, dazu die Tritopyramide $s = \frac{3P\frac{3}{2}}{2}\{21\bar{3}1\}$; ferner häufig $\frac{1}{2}P\{10\bar{1}2\}$, seltener das Deuteroprisma $\infty P2\{11\bar{2}0\}$ und das Tritoprisma $\infty P\frac{3}{2}\{21\bar{3}0\}$ (vgl. S. 33). Kristalle säulenförmig oder tafelartig, einzeln ein- oder aufgewachsen und in Drusen; auch in körnigen sowie in faserigen bis dichten Massen mit traubiger oder nierenförmiger Oberfläche (Phosphorit). — Spaltbar nach ∞P und $0P$ unvollkommen, Bruch muschelig oder splitterig; spröd; H. = 5; G. = 3,16—3,22; farblos, weiß, gelblich-grün (Spargelstein), blau-grün, violett, rot; Glas- bis Fettglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend, schwach doppeltbrechend; hinsichtlich der Ätzfiguren s. S. 68. — Die chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $Ca_5(F, Cl)(PO_4)_3$, d. i. Calciumfluorphosphat in isomorpher Mischung mit Calciumchlorphosphat (zuweilen ist nur die erste Verbindung vorhanden). Der Apatit wurde früher als Doppelverbindung $3Ca_3P_2O_8 + Ca(Cl, F)_2$ aufgefaßt. Ein Teil des Fluors (oder Chlors) kann auch durch HO ersetzt sein. — Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, leicht löslich in Salz- und Salpetersäure. — Der eigentliche Apatit findet sich, oft in schönen und großen Kristallen, in den verschiedensten Gesteinen, auch auf Zinnerzgängen: Ehrenfriedersdorf in Sachsen, Zinnwalde und Schlaggenwald in Böhmen, St. Gotthard, Zillertal, Sulzbachtal (Knappenwand) in Salzburg (hier die schönsten aller Apatite zusammen mit Epidot), Arendal, Snarum und Krageröe in Norwegen, Jumilla (Provinz Murcia) in Spanien, Hammond in New York, South Bourgeß in Ontario, Ottawa County in Quebec (hier ein Kristall von über 5 Zentner). In mikroskopisch kleinen Kristallen kommt er als Gemengteil der meisten kristallinischen Gesteine vor und liefert dem durch Verwitterung derselben entstehenden Boden die für das Gedeihen der Pflanzen unentbehrliche Phosphorsäure. Der Phosphorit kommt vor in Lagern, Gängen und Nestern: Staffel (unweit Limburg a. d. Lahn), Amberg in Bayern, Logrosan in Estremadura.

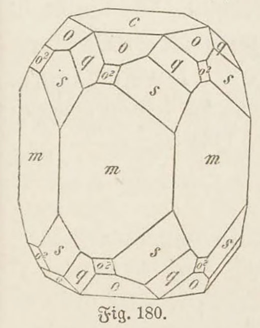


Fig. 180.

---

[1] $a : c = 1 : 0{,}7340$.

Apatit und Phosphorit finden, namentlich nach der sog. Aufschließung durch Schwefelsäure (Überführung in lösliches, zweifach saures Calciumphosphat oder Superphosphat), ausgedehnte Anwendung als Düngmittel.

98. Pyromorphit (Buntbleierz, Grünbleierz).

Hexagonal, isomorph mit Apatit; gewöhnlich die Kombinationen: $\infty P \{10\bar{1}0\} \cdot 0P \{0001\}$; $\infty P \cdot 0P \cdot \infty P2 \{11\bar{2}0\}$; auch wohl $\infty P \cdot 0P \cdot P \{10\bar{1}1\}$. Kristalle säulenförmig, manchmal bauchig (faßähnlich), meist in Drusen; auch derb. — Spaltbarkeit kaum wahrnehmbar, Bruch muschelig bis uneben; H. = 3,5—4; G. = 7; selten farblos oder weiß, meist grün oder braun; Fettglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $Pb_5Cl(PO_4)_3$ oder $3Pb_3P_2O_8 + PbCl_2$; schmilzt vor dem Lötrohr sehr leicht und erstarrt, worauf der Name hindeutet, zu einem polyedrisch begrenzten Korn; gibt mit Soda auf Kohle ein Bleikorn; löslich in Salpetersäure. — Fundorte: Braubach und Ems in Nassau, Bernkastel an der Mosel, Freiberg und Zschopau in Sachsen, Bleistadt in Böhmen, Phönixville in Pennsylvanien, Beresowsk im Ural; stets ein Zersetzungsprodukt von Bleiglanz.

Isomorph mit Apatit und Pyromorphit ist der Mimetesit $Pb_5Cl(AsO_4)_3$, welcher meist in gelben Kristallen ($\infty P \cdot 0P \cdot P$) auftritt und sich z. B. zu Johanngeorgenstadt in Sachsen und Phönixville in Pennsylvanien findet.

99. Monazit (Turnerit).

Monoklin; Kristalle oft tafelförmig nach $\infty P\!\!\!/ \infty \{100\}$ mit $\infty P \{110\}$, $P\!\!\!/ \infty \{011\}$, $+ P\!\!\!/ \infty \{10\bar{1}\}$, $- P\!\!\!/ \infty \{101\}$; Zwillinge nach $\infty P\!\!\!/ \infty$. — Spaltbar nach $\infty P\!\!\!/ \infty \{010\}$ vollkommen; H. = 5—5,5; G. = 4,9—5,3; rot, gelb, braun; Fettglanz, kantendurchscheinend bis durchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: wesentlich Cerium-Lanthanphosphat $(Ce, La)PO_4$, manchmal mit beträchtlichem Gehalt an Thorium; auch heliumhaltig. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, wird von Salzsäure gelöst. — Findet sich in kleinen gelben bis braunen aufgewachsenen Kristallen im Tavetsch- und Binnental (als Turnerit bezeichnet); eingewachsen im Granit und Gneis, zuweilen in größeren Massen, in Virginien, Nöterö in Norwegen, Miask im Ural, auf Madagaskar; in losen Kriställchen und Körnern auf sekundärer Lagerstätte in den aus zerstörtem Granit und Gneis hervorgegangenen Monazitsanden bzw. Diamantsanden: Bahia, Minas Geraes, Karolina. Die Monazitsande bilden wegen ihres Thoriumgehaltes das wichtigste Rohmaterial zur Herstellung der Leuchtkörper für Gasglühlicht.

100. Vivianit (Blaueisenerz).

Monoklin; einfache Kombination: $\infty P\!\!\!/ \infty \{100\} \cdot \infty P\!\!\!/ \infty \{010\} \cdot \infty P \{110\} \cdot P \{1\bar{1}\bar{1}\} \cdot P\!\!\!/ \infty \{10\bar{1}\}$, meist flächenreicher. Kristalle säulenförmig nach der Vertikal-

achse, meist klein, aufgewachsen; auch in kugeligen und nierenförmigen Aggregaten von strahliger Textur; eingesprengt und erdig (Blaueisenerde). — Spaltbar nach $\infty P \infty$ sehr vollkommen; in dünnen Blättchen biegsam; H. = 2; G. = 2,65; ursprünglich farblos, wird indes durch Oxydation bald hell- bis dunkelblau, auch blau-grün; Strich hell, wird an der Luft dunkler blau; glasglänzend, auf Spaltungsflächen perlmutterglänzend; durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: ursprünglich wasserhaltiges Ferrophosphat $Fe_3(PO_4)_2 + 8H_2O$, durch Oxydation jedoch mehr oder weniger in basisches Ferrisalz übergegangen; verliert, im Kolben erhitzt, Wasser, schmilzt auf Kohle vor dem Lötrohr zu einer grauen magnetischen Kugel; leicht löslich in Salz- und Salpetersäure. — Schöne Kristalle finden sich bei St. Agnes in Cornwall auf Pyrit, bei Commentry und Cransac in Frankreich in einem durch unterirdische Steinkohlenbrände veränderten Tonschiefer, mit Magnetkies bei Bodenmais in Bayern; interessant ist das Vorkommen auf Holz aus den Pfahlbauten des Bodensees. Blaueisenerde kommt als neuere Bildung häufig in Torfmooren und im Raseneisenstein vor: norddeutsches Flachland, Holland, Schweden.

101. Türkis (Kallait).

Scheinbar amorph, in Wirklichkeit feinkristallinisch; nierenförmig, traubig, tropfsteinartig, als Überzug und in Krusten, auch derb, in Adern, eingesprengt und als Geschiebe; Bruch muschelig; H. = 6; G. = 2,6—2,8; himmelblau, grün in verschiedenen Nuancen, Strich weißlich; schwach wachsglänzend bis matt, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: im wesentlichen ein wasserhaltiges basisches Aluminiumphosphat, gefärbt durch eine gleichmäßig verteilte Kupfer- und Eisenverbindung (letztere vielleicht ebenfalls Phosphate); verliert, im Kolben erhitzt, Wasser und schwärzt sich; vor dem Lötrohr unschmelzbar, färbt die Flamme grün; in Säuren löslich. — Der schöne orientalische Türkis findet sich in dünnen Adern in einer Trachytbreccie bei Nischapur im nordöstlichen Persien; auch in Spalten eines Sandsteins im Megaratal am Sinai; Neu-Mexiko, Arizona; weniger schöne, grüne Vorkommnisse bei Jordansmühl in Schlesien und Ölsnitz in Sachsen.

Der blaue Türkis ist ein geschätzter Edelstein und dient, mit gewölbter Oberfläche geschliffen, namentlich zum Einfassen wertvoller Steine. Als Zahntürkis bezeichnet man natürlich blau gefärbtes fossiles Elfenbein, welches jedoch geringere Härte als der Türkis und blätteriges Gefüge besitzt.

102. Wavellit.

Rhombisch; Kristalle, die Kombination $\infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot \infty P \{110\} \cdot \bar{P} \infty \{101\}$ zeigend, meist klein und undeutlich, nadelförmig; zu kugeligen oder nierenförmigen strahligen Aggregaten vereinigt. — H. = 3,5—4; G. 2,3—2,4; farblos, doch meist graulich, gelblich, grün, blau; Glasglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: wasserhaltiges basisches Aluminiumphosphat $(Al \cdot OH)_3(PO_4)_2 + 5H_2O$, läßt sich auch schreiben $2AlPO_4 + H_3AlO_3 + 5H_2O$; verliert, im Kolben erhitzt, Wasser; vor dem Lötrohr unschmelzbar; löslich in Säuren. — Findet sich im Kiesel- und Tonschiefer bei Langenstriegis in Sachsen, Dünstberg bei Gießen, Barnstaple in Devonshire; ferner auf Phosphorit bei Staffel in Nassau und auf Brauneisenstein bei Amberg in Bayern.

103. Struvit.

Rhombisch, hemimorph nach der Vertikalachse; Kombination Fig. 181: $r = \bar{P}\infty\{101\}$, $c = 0P\{00\bar{1}\}$, $b = \infty\breve{P}\infty\{010\}$, $q' = 4\breve{P}\infty\{041\}$, $q = \breve{P}\infty\{011\}$, $r' = \frac{1}{3}\bar{P}\infty\{10\bar{3}\}$; Kristalle meist am unteren Ende gerundet, manchmal tafelförmig nach $\infty\breve{P}\infty$. — Spaltbar nach $0P$ vollkommen, nach $\infty\bar{P}\infty$ ziemlich vollkommen; H. = 1,5—2; G. = 1,7; farblos, gelb, bräunlich, oft durch Verwitterung mit einer weißen Rinde überzogen; glasglänzend, durchscheinend bis undurchsichtig; polar-pyroelektrisch. — Chemische Zusammensetzung: $(NH_4)MgPO_4 + 6H_2O$; schmilzt vor dem Lötrohr unter Entwicklung von Ammoniakgeruch. — Fand sich nach dem großen Brande in Hamburg (1842) in einer Moorerde unter der Nikolaikirche; zu Braunschweig in einer Schicht von verwesten Exkrementen, in Abzugskanälen zu Dresden, im Guano der Skiptonhöhlen bei Ballarat in Australien.

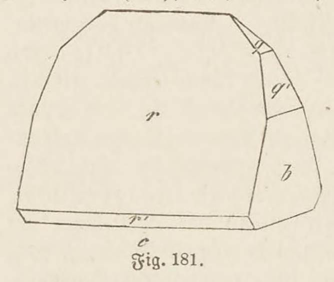


Fig. 181.

Siebte Gruppe: Silikate und Titanate.

Die als Mineralien äußerst wichtigen Silikate (und die Titanate) besitzen zum großen Teil eine komplizierte Zusammensetzung. Sie werden in wasserfreie und wasserhaltige eingeteilt. Viele der ersteren enthalten zwar auch Wasserstoff, jedoch entweicht derselbe erst beim Glühen in Form von Wasser. Daraus schließt man, daß er fester gebunden sei und zur Konstitution des Silikates selbst gehöre. Im Gegensatz zur ersten Abteilung stehen die eigentlich wasserhaltigen Silikate; sie verlieren ihren Wassergehalt (Kristallwasser) ganz oder zum Teil schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur. Nach dem Gesagten erhalten wir folgende Einteilung der hierhingehörigen Mineralien:

I. wasserfreie Silikate.
  a) wasserstoffhaltige,
  b) wasserstofffreie.

II. wasserhaltige Silikate.

Die Formeln der verschiedenen Silikate werden von denjenigen verschiedener Kieselsäuren abgeleitet. Dies sind: 1. die vierbasische Orthokieselsäure H_4SiO_4, 2. die zweibasische Metakieselsäure H_2SiO_3, 3. mehrere sog. Polykieselsäuren. Die letzteren werden von der Ortho- bzw. Metakieselsäure in der Weise abgeleitet, daß mehrere Moleküle derselben unter Abspaltung von Wasser zusammentreten. Eine wichtige Polykieselsäure ist $H_4Si_3O_8$, eine vierbasische Säure, welche man sich aus drei Molekülen Orthokieselsäure durch Austritt von vier Molekülen Wasser entstanden denken kann $(3H_4SiO_4 - 4H_2O = H_4Si_3O_8)$.

In den genannten Säuren kann der Wasserstoff teilweise oder ganz durch Metallatome ersetzt werden (saure oder neutrale Silikate), oder es können Atomgruppen, z. B. ein Metallatom mit Sauerstoff (wie in der einwertigen Gruppe

— Al = O) oder ein solches mit Sauerstoff und Wasserstoff (wie in der ebenfalls einwertigen Gruppe — Zn — O — H), an die Stelle von Wasserstoff der Säure treten (basische Silikate). Die wasserstoffhaltigen Silikate können demnach sowohl basische als saure sein; so ist z. B. Kieselzinkerz ein basisches, Muskovit ein saures Silikat (s. unten). Im allgemeinen ist jedoch noch wenig Sicheres über die chemische Konstitution der Silikate ermittelt[1].

I. Wasserfreie Silikate.

a) Wasserstoffhaltige.

104. Kieselzinkerz (Hemimorphit).

Rhombisch, hemimorph in der Richtung der Vertikalachse (S. 42); einfachere Kombinationen sind: $\infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot \infty P \{110\} \cdot 0P \{001\} \cdot 3\bar{P}\infty \{301\} \cdot 2\breve{P}2 \{12\bar{1}\}$; dieselbe mit $3\breve{P}\infty \{031\}$; die erste mit $\bar{P}\infty \{101\}$ statt $3\bar{P}\infty$; $2\breve{P}2$ tritt meist allein unten auf. Eine kompliziertere Kombination ist in Fig. 103 abgebildet. Zuweilen Zwillinge nach 0P, wobei die Hemimorphie gleichsam wieder aufgehoben erscheint. Kristalle meist klein, oft tafelförmig nach $\infty \breve{P} \infty$, in der Regel mit dem unteren Ende aufgewachsen, in Drusen und fächerförmigen, traubigen und nierenförmigen Gruppen; auch faserig, körnig, dicht und erdig. — Spaltbar nach ∞P vollkommen, auch nach $\bar{P}\infty$; H. = 5; G. = 3,4; farblos, weiß, grau, gelblich, braun; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig; polar-pyroelektrisch nach der Vertikalachse. — Chemische Zusammensetzung: $H_2Zn_2SiO_5 = (Zn \cdot OH)_2SiO_3$ (nach anderer Schreibweise $Zn_2SiO_4 + H_2O$, jedoch entweicht das Wasser erst in der Rotglühhitze, weshalb es nicht als Kristallwasser zu betrachten ist); verknistert vor dem Lötrohr, schmilzt aber nicht; in Säuren löslich unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure. — Findet sich meist mit Zinkspat, doch weniger reichlich auf Spalten im Kalkgebirge: Altenberg bei Aachen, Iserlohn, Tarnowitz in Oberschlesien, Raibl und Bleiberg in Kärnten, Santander in Spanien, Matlock in Derbyshire, Pennsylvanien, Virginien.

Der Hemimorphit wird mit Zinkspat auf Zink verhüttet.

105. Staurolith.

Rhombisch; gewöhnliche Kombinationen: $\infty P \{110\} \cdot \infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot 0P \{001\}$; dieselbe mit $\bar{P}\infty \{101\}$. Kristalle säulenförmig, eingewachsen; oft Zwillinge nach zwei Gesetzen: 1. Zwillingsebene $\frac{3}{2}\breve{P}\infty \{032\}$ (die Vertikalachsen beider Individuen

---

[1] Indes ist es in neuerer Zeit gelungen, aus mehreren hierhingehörigen Mineralien durch Zersetzung mit Salzsäure verschiedene Kieselsäuren abzuscheiden. Indem man die Zusammensetzung der Mineralien je auf die betreffende Säure bezieht, erhält man auch Konstitutionsformeln, welche mehrfach von den bisher üblichen (auch hier angegebenen) abweichen, manchmal auch komplizierter sind als diese.

schneiden sich fast rechtwinklig — daher der Name von *σταυρός*, Kreuz, und *λίθος*, Stein); 2. Zwillingsebene $\frac{3}{2}\breve{P}\frac{3}{2}\{232\}$ (die Vertikalachsen schneiden sich fast unter 60°). — Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$ deutlich, Bruch muschelig oder splitterig; H. = 7 bis 7,5; G. = 3,7; rotbraun bis schwärzlich-braun; Glasglanz, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $H Al_5 Fe Si_2 O_{13}$ $= (\overset{II}{Al} \cdot O H) (\overset{I}{Al} O)_4 \overset{II}{Fe} (Si O_4)_2$, also ein basisches Orthosilikat von Aluminium und Eisen, worin jedoch ein kleiner Teil des Aluminiums durch (dreiwertiges) Eisen und des (zweiwertigen) Eisens durch Magnesium ersetzt ist; vor dem Lötrohr unschmelzbar, in Säuren unlöslich. — Kommt hauptsächlich im Glimmerschiefer und Gneis vor: Monte Campione bei Faido und Airolo im Tessin, St. Radegund in Steiermark, Petersdorf in Mähren, Nordamerika (Georgia, Nordkarolina, Massachusetts).

106. Turmalin (Schörl).

Hexagonal[1] mit rhomboedrischer Hemiedrie und Hemimorphie nach der Hauptachse (hinsichtlich der hierdurch bedingten Ausbildung der Kristalle vgl. S. 37 und Fig. 91 und 92). Kristalle säulenförmig, die Prismenflächen meist vertikal gestreift; ein- und aufgewachsen. — H. = 7—7,5; G. = 2,94—3,24 (wegen der wechselnden Zusammensetzung); Bruch muschelig bis uneben; selten farblos, meist gefärbt: grau, grün, blau, rot (Rubellit), braun, schwarz (Schörl); oft besteht ein Kristall aus Teilen oder Schichten verschiedener Färbung; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig; zeigt starken Dichroismus (der ordentliche Strahl wird sehr stark bis vollständig absorbiert; im letzteren Falle geht also nur Licht von e i n e r Schwingungsrichtung hindurch); polar-pyroelektrisch (vgl. S. 86). — Chemische Zusammensetzung verwickelt und wechselnd; man führt dieselbe wohl zurück auf eine Aluminium und Bor enthaltende, sog. Alumoborokieselsäure $H_9 Al_3 (B \cdot OH)_2 Si_4 O_{19}$, worin der Wasserstoff zum größten Teil durch Na, Li, Mg, Fe und Al, auch ein wenig K, Ca und Mn in verschiedenen Verhältnissen ersetzt ist. Meist enthält der Turmalin auch eine kleine Menge Fluor. Schmilzt vor dem Lötrohr oder schwillt nur auf, je nach der Zusammensetzung; das Pulver wird von Salzsäure nicht, von Schwefelsäure nur unvollkommen zersetzt. — Ausgezeichnetes Kontaktmineral. Nicht selten, namentlich häufig der Schörl; findet sich besonders im Granit und in kristallinischen Schiefern: Penig in Sachsen, Sonnenberg bei Andreasberg im Harz, S. Piero auf Elba, Snarum in Norwegen, Mursinsk im Ural (Rubellit), Chesterfield in Massachusetts, Pierpoint in New York, Mesa Grande (San Diego County) in Kalifornien (große, bunte Kristalle), Brasilien; in Quarz eingewachsen am Hörlberg bei Lam in Bayern, im Lepidolith bei Roznau in Mähren, im Dolomit von Campolongo im Tessin.

---

[1] a : c = 1 : 0,4476.

Durchsichtigere Varietäten finden Anwendung zur Herstellung optischer Instrumente (Polarisationsapparate, Turmalinzange), auch als Edelsteine.

107. Epidot (Pistazit).

Monoklin; einfache Kombinatibn: $\infty\bar{P}\infty\{100\} \cdot 0P\{001\} \cdot \bar{P}\infty\{10\bar{1}\} \cdot P\{11\bar{1}\}$; Fig. 182 zeigt außerdem noch $p = \infty P\{110\}$; oft sehr flächenreiche Kombinationen.

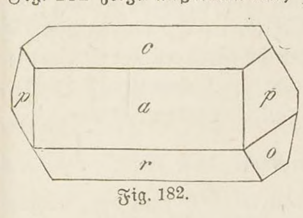


Fig. 182.

Kristalle fast stets nach der Orthodiagonale prismatisch verlängert und mit einem Ende aufgewachsen, in Drusen; Zwillinge nach $\infty\bar{P}\infty$; auch derb, stengelig, körnig bis dicht. — Spaltbar nach 0P vollkommen, nach $\infty\bar{P}\infty$ deutlich; Bruch muschelig bis uneben und splitterig; H. = 6—7; G. = 3,3 bis 3,5; hell bis dunkelgrün (Pistazit), seltener gelb, grau, rot, schwarz; Glasglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend; zeigt deutlichen Trichroismus; die optischen Achsen liegen in der Achsenebene a c. — Chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $H\,Al_3\,Ca_2\,Si_3\,O_{13} = Al_2\,(Al \cdot OH)\,Ca_2\,(SiO_4)_3$, wobei jedoch ein Teil des Aluminiums durch (dreiwertiges) Eisen (im roten Piemontit vorwiegend durch Mangan) ersetzt ist; schmilzt je nach der Zusammensetzung vor dem Lötrohr schwer oder leicht; stark geglüht wird er von Salzsäure zersetzt. — Fundorte: Knappenwand im Sulzbachtal (daselbst die schönsten Pistazite), Zillertal in Tirol, Arendal in Norwegen, St. Marcel in Piemont, Achmatowsk am Ural, Prince of Wales Island in Alaska (schöne, große Kristalle).

108. Vesuvian (Idokras).

Quadratisch; einfachste Kombinationen: $\infty P\infty\{100\} \cdot \infty P\{110\} \cdot 0P\{001\}$; $\infty P \cdot P\{111\} \cdot 0P$; die letztere mit $\infty P\infty$, auch mit $P\infty\{101\}$ oder mit dem achtseitigen Prisma $\infty P2\{210\}$; häufig komplizierte Kombinationen, an welchen auch die achtseitige Pyramide $3P3\{311\}$ meist untergeordnet erscheint. Kristalle in der Regel kurzsäulenförmig, vertikal gestreift, aufgewachsen und in Drusen; derb, stengelig und körnig. — Bruch uneben; H. = 6,5; G. 3,35—3,45; grün, gelb, braun; Glas- oder Fettglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung am einfachsten auszudrücken durch die Formel $H\,Ca_2\,Al\,(SiO_4)_2$, doch ist neben Calcium ein wenig Magnesium, sowie neben Aluminium etwas (dreiwertiges) Eisen vorhanden. Schmilzt vor dem Lötrohr leicht zu einem grünlichen oder bräunlichen Glase, welches von Salzsäure vollständig zersetzt wird. — Findet sich besonders als Kontaktmineral im Kalkstein, auch in kristallinischen Schiefern: Vesuv, Eger in Böhmen, Pfitschtal in Tirol, Zermatt, Monzoni im Fassatal, Alatal in Piemont, Egg in Norwegen, Wiluifluß in Sibirien (Wiluit).

Der Vesuvian wird zuweilen als Schmuckstein benutzt.

109. Axinit.

Triklin; einfachste Kombination: $\infty{,}P\{1\bar{1}0\} \cdot \infty P{,'}\{110\} \cdot {'}P\{1\bar{1}1\}$; Fig. 183 zeigt außer den genannten Flächen (P, n, r) noch $l = \infty\bar{P}\infty\{100\}$, $s = 2{'}\bar{P}{'}\infty\{201\}$ und $x = P{'}\{111\}$. Kristalle scharfkantig (ἀξίνη, Beil) aufgewachsen und in Drusen;

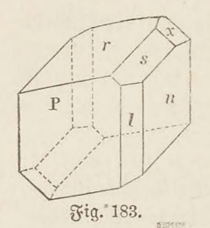


Fig. 183.

auch derb in blätterigen oder stengeligen Massen. — H. = 6,5 bis 7; G. = 3,3; braun, grau, blau, rötlich; durchsichtig bis kantendurchscheinend, manchmal mit Chlorit erfüllt; Glasglanz; deutlicher Trichroismus. — Chemische Zusammensetzung kompliziert; wesentlich ein borhaltiges Silikat der Basen Tonerde, Kalk, Eisenoxydul, Magnesia und Manganoxydul; schmilzt vor dem Lötrohr leicht zu einem dunkelgrünen Glase, welches von Salzsäure zersetzt wird; gibt mit Borax im Oxydationsfeuer die violette Manganfärbung. — Vorkommen in kristallinischen Schiefern und auf Erzlagern: Thum in Sachsen, Tavetscher Tal, St. Gotthard, Scopi am Lukmanier (Schweiz), Bourg d'Oisans in der Dauphiné, Botallak in Cornwall, Kongsberg, Japan.

110. Muskovit (Kaliglimmer).

Monoklin[1]; da der Achsenwinkel a c fast genau = 90° und der vordere Prismenwinkel sehr nahe = 120° ist, so steht das System des Muskovits (und des damit isomorphen Biotits) sowohl dem rhombischen als auch dem hexagonalen Kristallsystem sehr nahe. Gut ausgebildete Kristalle selten, meist von tafelförmiger Gestalt, z. B. der Kombination $0P\{001\} \cdot 4P\{44\bar{1}\} \cdot -2P\{221\} \cdot \infty P\infty\{010\}$, doch kommen auch spitzpyramidale Kombinationen vor; häufig in rhombischen oder regulär-sechsseitigen, meist in seitlich unregelmäßig begrenzten dünnen basischen Tafeln und Blättchen. Oft Zwillinge nach $\infty P\{110\}$, mit $0P$ verwachsen. Kristalle ein- und aufgewachsen; auch in blätterigen, schuppigen bis dichten Massen. Pseudomorphosen nach Orthoklas, Turmalin, Granat u. a. — Spaltbar nach $0P$ höchst vollkommen (Hauptmerkmal sämtlicher Glimmer und verwandter Mineralien); liefert deutliche sechsstrahlige Schlagfiguren und mit Flußsäure Ätzeindrücke von monokliner Form (S. 65 und 68); mild, in dünnen Blättchen biegsam und elastisch; H. = 2—3; G. = 2,76—3,1; farblos oder licht: gelblich, graulich, braun; metallartiger Perlmutterglanz; durchsichtig bis durchscheinend; Ebene der optischen Achsen senkrecht zur Symmetrie-Ebene bzw. zum Klinopinakoid (Spaltblättchen nach $0P$ zeigen das Bild der optischen Achsen). — Chemische Zusammensetzung schwankend, meist durch die Formel $H_2KAl_3(SiO_4)_3$ ausdrückbar, worin jedoch ein Teil des Kaliums durch äquivalente Mengen Natrium und Magnesium, ein Teil des Aluminiums durch Eisen ersetzt ist; stets ist ein kleiner Fluorgehalt vorhanden. Vor dem Lötrohr leicht bis schwer schmelzbar, in Salz- oder Schwefelsäure nicht löslich. — Sehr verbreitet als Gemengteil wichtiger Gesteine (Granit, Gneis, Glimmerschiefer), in bis fußgroßen Platten auf Drusenräumen derselben oder im großkörnigen Gestein ausgeschieden: Aschaffenburg, Bodenmais, St. Gotthard, Fahlun, Finland, Ural, Sibirien, Connecticut, New York, Pennsylvanien, Kamerun, Ostindien.

[1] a : b : c = 0,5774 : 1 : 1,6452; β kaum von 90° abweichend.

In Sibirien benutzt man die großen und klaren Varietäten zu Fensterscheiben (russisches Glas); ferner verfertigt man daraus Lampenzylinder und setzt Glimmerplatten in Ofentüren ein, wodurch man das Feuer sehen und regulieren kann.

111. Biotit (Magnesiaglimmer, Meroxen).

Kristallographisch im wesentlichen mit Muskovit übereinstimmend; mild, zuweilen fast spröd, in dünnen Blättchen elastisch biegsam; H. = 2,5—3; G. = 2,8—3,2; meist dunkel gefärbt; grün, braun, schwarz; metallartiger Perlmutterglanz auf Spaltungsflächen; durchsichtig, meist nur durchscheinend bis undurchsichtig; starker Dichroismus. Die Ebene der optischen Achsen geht meist dem Klinopinakoid parallel; der Winkel derselben ist oft sehr klein, so daß der Biotit häufig optisch einachsig zu sein scheint. — Chemische Zusammensetzung: isomorphe Mischung der beiden in der Formel $\left.\begin{matrix} HK_2Al_3(SiO_4)_3 \\ (Mg, Fe)_6(SiO_4)_3 \end{matrix}\right\}$ vereinigten Silikate, in deren ersterem jedoch das Verhältnis von Wasserstoff und Kalium auch ein anderes sein kann; in der Regel ist ein Teil des Aluminiums durch Eisen ersetzt. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar; wird von konzentrierter Schwefelsäure zersetzt. — Sehr verbreitet als Gemengteil von Gesteinen (Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Trachyt, basaltische Lava) und in vulkanischen Auswürflingen: Bodenmais, Wolfshau in Schlesien, Röskilen bei Arendal, Helsing in Finland, Ilmengebirge am Südural (hier Platten von über 1 m im Durchmesser), — Vesuv, Laacher See.

112. Lithionglimmer.

Kristallographisch im wesentlichen übereinstimmend mit Muskovit und Biotit, jedoch nach den Ätzfiguren auf 0P hemimorph nach der Orthodiagonale; H. = 2—3; G. = 2,8—3,2; rot (Lepidolith), grau (Zinnwaldit). — Chemische Zusammensetzung kompliziert und schwankend; im allgemeinen kann der Lithionglimmer als ein lithium- und fluorhaltiger Muskovit bzw. Biotit betrachtet werden; der Lepidolith ist eisenfrei und durch etwas Manganoxydul gefärbt, der Zinnwaldit enthält 8—15 % Eisenoxydul. — Fundorte: Penig in Sachsen, Roznau in Mähren, — Zinnwald in Böhmen.

113. Chlorit.

Monoklin; der Achsenwinkel ac fast = 90°. Die nach 0P{001} tafelförmigen oder auch pyramidalen Kristalle sind häufig scheinbar hexagonal oder rhomboedrisch infolge einer meist ziemlich komplizierten Zwillingsbildung; wirklich einfache Kristalle sind sehr selten. Oft zu wulstförmigen, gekrümmten und gewundenen Gruppen verwachsen; meist derb, blätterig, schuppig und als Chloritschiefer; in Pseudomorphosen nach Hornblende, Augit, Granat u. a. — Spaltbar nach 0P sehr vollkommen; mild, in

dünnen Blättchen biegsam; H. = 2—3; G. = 2,5—2,9; dunkelgrün, wegen seines Pleochroismus senkrecht zur Vertikalachse bräunlich-rot oder gelb durchscheinend; perlmutter- bis fettglänzend; Ebene der optischen Achsen gewöhnlich parallel der Symmetrie-Ebene, eine gewisse Art (Pennin) meist scheinbar optisch einachsig. — Die chemische Zusammensetzung kann durch die Formel x $(H_4Mg_3Si_2O_9)$ + y $(H_4Mg_2Al_2SiO_9)$ ausgedrückt werden, wobei x und y einander gleich sein, aber auch in einem andern Verhältnis zueinander stehen können (hiernach unterscheiden sich die Arten bzw. Varietäten Pennin, Klinochlor und Prochlorit). Jene beiden Verbindungen können unter der Annahme als isomorph betrachtet werden, daß $\overset{II}{Mg}\,\overset{IV}{Si}$ in der ersten durch $(\overset{VI}{Al_2})$ in der zweiten ersetzt ist. Die Formel der ersten Verbindung (Serpentinsilikat) kann man auch schreiben: $H_3(Mg \cdot OH) Mg_2(SiO_4)_2$. Ein geringer Teil des Aluminiums kann durch Eisen und Chrom, ein Teil des Magnesiums durch (zweiwertiges) Eisen ersetzt sein. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar; wird von konzentrierter Schwefelsäure zersetzt. — Der Chlorit tritt als Felsart (Chloritschiefer) und darin kristallisiert auf: Schweiz, Tirol, Salzburg, Piemont, Ural; häufig nesterweise im Serpentin sowie auf Erzgängen und in Drusenräumen anderer Gesteine. Der Chloritschiefer umschließt oft schön ausgebildete Kristalle von Magneteisenerz, rotem Granat, Turmalin, Eisenkies.

114. Talk.

Wahrscheinlich monoklin; selten in rhombischen oder sechsseitigen Tafeln; meist in krummschaligen, schuppigen, schieferigen und fast dichten Aggregaten. — Spaltbar nach $0P\{001\}$ höchst vollkommen; mild, fettig anzufühlen, in dünnen Blättchen biegsam; H. = 1; G. = 2,7—2,8; durchscheinend, in dünnen Blättchen durchsichtig; fett- bis perlmutterglänzend; farblos, jedoch meist grünlich- oder graulich-weiß, apfelgrün. — Chemische Zusammensetzung: $H_2Mg_3(SiO_3)_4$; gewöhnlich ist ein kleiner Teil des Magnesiums durch Eisen ersetzt; vor dem Lötrohr leuchtet er stark, wird hart, schmilzt aber nicht; wird von den gewöhnlichen Säuren nicht zersetzt. — Kommt sowohl in Einlagerungen als in größeren Massen als Gestein (Talkschiefer) vor: Tirol, Steiermark, Ungarn, Schweiz, Ural.

Wegen seiner Weichheit und Geschmeidigkeit dient der pulverisierte Talk zum Schmieren von Maschinenteilen, als Rutschpulver für Stiefel und Handschuhe, als Schminke.

Der dichte Talk, welcher als Steatit oder Speckstein bezeichnet wird, findet sich derb, eingesprengt, in nierenförmigen und knolligen Massen, in ausgedehnten Lagern und als Pseudomorphose nach Quarz, Dolomit und andern Mineralien; in den physikalischen Eigenschaften dem eigent-

lichen Talk ähnlich; weiß oder graulich-, gelblich-, rötlich-weiß; kantendurchscheinend, von unebenem bis splitterigem Bruch. — Fundorte: Wunsiedel in Bayern, Briançon in Frankreich, Lowell in Massachusetts.

Wird zu Gasbrennern (welche erst geschnitten und dann durch Brennen gehärtet werden), Bildwerken, Utensilien, selbst Röhren verarbeitet; dient außerdem zum Zeichnen (spanische Kreide).

115. Meerschaum.

Derb und in knolligen Massen; Bruch flachmuschelig, mild; H. = 2 bis 2,5; G. etwa 2, scheinbar aber geringer, indem trockene Stücke wegen ihrer Porosität auf Wasser schwimmen; gelblich- oder graulich-weiß; matt, undurchsichtig; haftet stark an der Zunge. — Chemische Zusammensetzung: $H_4Mg_2Si_3O_{10}$; schwärzt sich im Kolben erhitzt, brennt sich vor dem Lötrohr hart und schmilzt an den Kanten; wird von Salzsäure zersetzt. — Findet sich im Serpentin und Mergel bei Hrubschitz in Mähren, in Spanien, Griechenland, der beste bei Eskischehir und Brussa in Kleinasien, wo in etwa 10 m Tiefe Stücke bis zu Fußgröße gefunden werden, welche sich feucht leicht schneiden lassen.

Aus dem ursprünglichen oder dem zerstoßenen und mit Wasser angemengten Meerschaum verfertigt man Pfeifenköpfe und Zigarrenspitzen, welche, damit sie sich beim Anrauchen bräunen, in Milch, Leinöl oder Wachs gekocht werden. Hauptfabrikationsorte: Wien, Ruhla in Thüringen, Lemgo in Westfalen.

116. Serpentin.

Meist dichte Massen von feinkristallinischer (faseriger oder blätteriger) Struktur; die scheinbaren Kristalle sind stets Pseudomorphosen, besonders nach Olivin, auch nach Augit, Hornblende, Granat; der Serpentin ist überhaupt nur ein Umwandlungsprodukt anderer Mineralien und Felsarten; auf Klüften und Gängen deutlich parallelfaserig und seidenglänzend bis matt (Faserserpentin und Serpentinasbest); auch deutlich blätterig (Blätterserpentin). — Bruch des dichten Serpentins muschelig bis uneben; mild; H. = 3—4; G. = 2,5—2,7; meist grün in verschiedenen Nuancen, auch gelb, rot, braun bis schwarz (vorwiegend dunklere Farbentöne), oft mehrfarbig gefleckt oder geadert (daher der Name von serpens, Schlange, einer Schlangenhaut ähnlich); wenig glänzend bis matt, durchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: $H_4Mg_3Si_2O_9$ (vgl. Chlorit), ein kleiner Teil des Magnesiums ist durch Eisen ersetzt; Wasser entweicht erst bei beginnender Glühhitze; brennt sich vor dem Lötrohr weiß und schmilzt nur sehr schwer an den Kanten; das Pulver wird von Schwefelsäure zersetzt. — Findet sich sehr verbreitet auf Gängen und in Nestern, auch in mächtigen Stöcken, Lagern und ganzen Bergen (Serpentinfels):

Zöblitz in Sachsen, Reichenstein in Schlesien, Zermatt, Monzoniberg im Fassatal, Antigoriotal in Piemont, Snarum in Norwegen, Ural, Staat New York, Kanada.

Gewisse Varietäten des Serpentins werden zu Ornamenten, Vasen, Leuchtern, Reibschalen usw. verarbeitet; auch benutzt man ihn zur Darstellung von Bittersalz. Serpentinasbest kommt in großer Menge von Kanada und findet technische Verwendung.

117. Dichroit (Cordierit).

Rhombisch; gewöhnlich die Kombinationen $\infty P\{110\} \cdot \infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot 0P\{001\}$; dieselbe mit $\breve{P}\infty\{011\}$ und $\frac{1}{2}P\{112\}$, auch mit $\infty\bar{P}\infty\{100\}$. Kristalle selten gut ausgebildet, kurzsäulenförmig, zuweilen mit abgerundeten Kanten und Ecken; derb und eingesprengt, in Geschieben. — Spaltbar nach $\infty\breve{P}\infty$ unvollkommen, Bruch muschelig bis uneben; H. = 7—7,5; G. = 2,6; selten farblos, meist blau, auch grün, gelblich bis braun; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend; zeigt ausgezeichneten Trichroismus: dunkelblau, hellblau, gelb. — Chemische Zusammensetzung: basisches Salz der Polykieselsäure $H_6Si_2O_7$ mit Aluminium, Magnesium und Eisen; vor dem Lötrohr schwer schmelzbar; wird von Säuren kaum angegriffen; ist sehr häufig mehr oder weniger zersetzt. — Findet sich meist im Granit und Gneis: Bodenmais, Zschopautal in Sachsen, Helsingfors in Finland, Fahlun, Arendal; als Geschiebe auf Ceylon.

Die Geschiebe von Ceylon werden als Ring- und Nadelsteine verschliffen (Wassersapphir).

118. Topas.

Rhombisch[1]; wichtige Kombinationen: $\infty P\{110\} \cdot \infty\breve{P}2\{120\} \cdot P\{111\}$ (Fig. 100); dieselbe mit $2\breve{P}\infty\{021\}$, oft auch mit $0P\{001\}$; häufig flächenreiche Kristalle, wie Fig. 184, worin $p = \infty P$, $p' = \infty\breve{P}2$, $q = 2\breve{P}\infty$, $c = 0P$, $o = 2P\{221\}$, $o' = P$, $o'' = \frac{2}{3}P\{223\}$, $x = \frac{4}{3}\breve{P}2\{243\}$. Kristalle stets säulenförmig, mit vertikal gestreiften Prismenflächen, einzeln ein- und aufgewachsen oder in Drusen; auch derb und als Geschiebe. — Spaltbar nach $0P$ sehr vollkommen, Bruch muschelig bis uneben; H. = 8; G. = 3,5; farblos und wasserhell, jedoch meist gefärbt, wein- bis honiggelb, meergrün (Aquamarin), rot (die Farben bleichen im Sonnenlichte); glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend; die optischen Achsen liegen in der Achsen-Ebene a c; wird beim Reiben deutlich elektrisch. — Die chemische Zusammensetzung entspricht im allgemeinen der Formel $Al_2(F, OH)_2SiO_4$, wobei zwei Wertigkeiten des Aluminiums durch Fluor bzw. die Hydroxylgruppe OH gebunden sind; das Fluor herrscht stets gegen OH stark vor, die fluorreichsten Varietäten stellen fast die reine Ver-

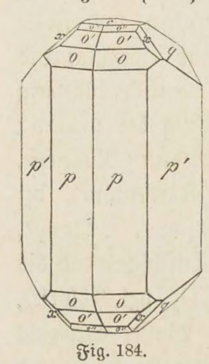


Fig. 184.

[1] $a : b : c = 0{,}5285 : 1 : 0{,}4770$.

bindung $Al_2F_2SiO_4$ dar. Der Topas bildet also ein Übergangsglied zu den folgenden Silikaten. Vor dem Lötrohr unschmelzbar, wird in strengem Feuer weiß und brüchig; wird von Salz- und Schwefelsäure nicht, wohl aber von geschmolzenem Ätzkali angegriffen. — Die Bildung des Topases ist vielfach auf eine Kontaktmetamorphose bzw. damit verbundene Einwirkung fluorhaltiger Dämpfe (s. S. 98) zurückzuführen. Er findet sich ziemlich häufig im Granit (namentlich auf Zinnerzlagerstätten), im Gneis, auch im Quarztrachyt, sowie als Geschiebe: Schneckenstein bei Auerbach und Altenberg in Sachsen, Schlaggenwald in Böhmen, Cornwallis, Cairngorm in Schottland, Finbo in Schweden, Mursinsk und Miask im Ural, im Aduntschilongebirge und am Urulgafluß in Transbaikalien (hier in bis 15 kg schweren Kristallen), Mughla in Kleinasien, Villarica in Brasilien, Durango in Mexiko, Thomas Mountain in Utah, Damaraland in Südwest-Afrika, Neuengland in Australien, Ceylon.

Die durchsichtigen farblosen (Wassertropfen) und schöngefärbten Topase werden zu Schmucksteinen verschliffen; den lichtgelben legt man bei der Fassung wohl ein Goldblättchen unter.

b) **Wasserstofffreie.**

119. Cyanit (Disthen).

Triklin; frei ausgebildete Kristalle höchst selten, meist breitsäulenförmige eingewachsene einfache oder Zwillingskristalle ohne deutliche Endflächen; auch derb, stengelig. — Spaltbar nach der breiten Säulenfläche $\infty\bar{P}\infty\{100\}$ sehr vollkommen, weniger vollkommen nach $\infty\breve{P}\infty\{010\}$; spröd; H. = 5—7, je nach der Richtung, in welcher die breite Säulenfläche geritzt wird (s. auch S. 66); G. = 3,5—3,7; farblos, jedoch meist blau in verschiedenen Nuancen (daher der Name, von κύανος, blau), auch gelblich, rötlich, graulich; perlmutter- bis glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $Al_2SiO_5 = (AlO)_2SiO_3$, entsprechend einem basischen Metasilikat, oft ein wenig Al durch Fe ersetzt; vor dem Lötrohr unschmelzbar, wird von Säuren nicht angegriffen. — Findet sich eingewachsen namentlich im Glimmerschiefer, Granulit, im Quarz: Penig in Sachsen, Petschau in Böhmen, Greiner im Zillertal, Pfitschtal in Tirol, Monte Campione bei Faido im Tessin (mit Staurolith), Ural (hier auch als Geschiebe in den Goldseifen), Connecticut.

120. Olivin (Chrysolith).

Rhombisch; wichtige Kombinationen: $\infty P\{110\} \cdot \infty\breve{P}\infty\{010\} \cdot 2\breve{P}\infty\{021\}$; dieselbe mit $\infty\breve{P}2\{120\}$; $\infty\bar{P}\infty\{100\} \cdot \infty P \cdot \infty\breve{P}\infty \cdot P\{111\} \cdot \bar{P}\infty\{101\} \cdot 0P\{001\}$. Kristalle nicht häufig, kurzsäulenförmig oder tafelartig nach $\infty\bar{P}\infty$, eingewachsen oder lose; auch derb in körnigen Massen und eingesprengt; sehr häufig in Serpentin umgewandelt. — Bruch muschelig; H. = 6,5—7; G. = 3,2—3,5; grün, gelb, braun, rot; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: Mg_2SiO_4 in isomorpher Mischung mit Fe_2SiO_4; vor dem Lötrohr meist

unschmelzbar, wird von Salz- und Schwefelsäure zersetzt. Als Chrysolith bezeichnet man die schön grün gefärbten, durchsichtigen, losen Kristalle und Körner, welche aus dem Orient (Oberägypten) und Brasilien stammen, — als Olivin die durchscheinenden, in Basalt, Tuffen, Talkschiefer, auch in Meteoreisen eingewachsenen Kristalle und körnigen Massen: Linz am Rhein, Forstberg bei Mayen (Eifel), Habichtswald bei Kassel, Wohlbach bei Zwickau in Sachsen, Karlsbad in Böhmen, Vesuv, Ural, Nordkarolina, im Meteoreisen von Krasnojarsk (S. 107). Der Olivin ist ein wesentlicher oder akzessorischer Gemengteil zahlreicher eruptiver Gesteine.

Der Chrysolith wird als Edelstein benutzt.

121. Granat.

Regulär; gewöhnlich $\infty O \{110\}$ und $2O2 \{211\}$, selbständig und in Kombination, auch $3O\frac{3}{2} \{321\}$ selbständig und kombiniert mit ∞O, sehr selten $O \{111\}$ und $\infty O \infty \{100\}$. Kristalle oft einzeln eingewachsen, auch aufgewachsen, in Drusen; derb in körnigen bis dichten Massen und eingesprengt; in Geschieben und Körnern. — Spaltbarkeit nicht wahrnehmbar, Bruch muschelig bis splitterig; H. = 6,5—7,5; G. = 3,15—4,3 (wegen der wechselnden Zusammensetzung); sehr verschieden gefärbt: rot, gelb, braun, schwarz, grün, selten farblos oder weiß; glas- bis fettglänzend, durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung entspricht der allgemeinen Formel $\overset{II}{R}_3 \overset{III}{R'}_2 (SiO_4)_3$, worin R = Ca, Mg, Fe oder Mn, R′ = Al, Fe oder Cr ist; demnach unterscheidet man 1. Tongranat, 2. Eisengranat, 3. Chromgranat, bei diesen wieder Kalktongranat, Magnesiatongranat, Kalkeisengranat usw., jedoch sind die Granate meist isomorphe Mischungen jener Grundverbindungen, wenn auch in der Regel eine derselben vorherrscht. In gewissen Varietäten (Melanit) ist ein Teil der Kieselsäure durch Titansäure ersetzt. Vor dem Lötrohr ziemlich leicht schmelzbar, wird nach der Schmelzung von Salzsäure zersetzt. Der Granat ist ein häufiges Mineral, dessen verschiedene Varietäten hauptsächlich in kristallinischen Schiefern, im Serpentin und (als Kontaktmineral) im körnigen Kalkstein, weniger in eruptiven Gesteinen auftreten; nicht selten auf Erzlagerstätten.

Als Varietäten unterscheidet man hauptsächlich:

1) Almandin (edler Granat, Karfunkel); kirsch- oder blutrot (mit einem Stich ins Blaue), bräunlich-rot, rötlich-braun; durchsichtig bis durchscheinend; meist kristallisiert, auch derb in Geschieben; vorwiegend Eisentongranat. Häufiger Gemengteil kristallinischer Gesteine (Gneis, Glimmerschiefer, Granulit, Granit). Fundorte: Airolo, Öztal und Zillertal in Tirol, Fahlun, Grönland, Brasilien, Ceylon, Indien.

2) Gemeiner Granat; grün, gelb, braun, rot; schwach durchscheinend bis undurchsichtig; kristallisiert und derb; Kalkeisengranat oder Eisentongranat; findet sich auf Erzlagern und (wie Almandin) häufig in Gesteinen: Böhmen, Tirol, Ungarn, Norwegen, Schweden, Ural, Sibirien, Nordamerika.

3) Pyrop; dunkel-hyazinthrot bis blutrot; durchsichtig; selten kristallisiert, meist in rundlichen Körnern, lose und in Serpentin eingewachsen; wesentlich Magnesia- mit Eisentongranat: Zöblitz in Sachsen, Meronitz in Böhmen, Santa Fe in Neumexiko, als Begleiter des Diamants in Südafrika (Kaprubin).

4) Hessonit (Kaneelstein); honiggelb bis hyazinthrot, rosenrot; kristallisiert, auch in durchsichtigen bis durchscheinenden Geschieben; Kalkton- mit Kalkeisengranat (wie der folgende): Mussa-Alp in Piemont, Vesuv, Ceylon, Mexiko.

5) Grossular; grünlich-weiß (daher der Name von ribes grossularia, Stachelbeere), spargelgrün, grünlich-grau; durchscheinend; kristallisiert: Rezbanya und am Wiluifluß in Sibirien.

6) Melanit; schwarz (daher der Name, von $\mu\acute{\epsilon}\lambda\alpha\varsigma$, schwarz); undurchsichtig; kristallisiert; vorwiegend Kalkeisengranat: Kaiserstuhl im Breisgau, Frascati bei Rom, Vesuv.

7) Chromgranat (wesentlich Kalkchromgranat); smaragdgrün, kristallisiert und kristallinisch: Ural.

Almandin, Pyrop und Hessonit werden vielfach als Edelsteine benutzt.

122. Beryll (und Smaragd).

Hexagonal; gewöhnliche Kombinationen: $\infty P\{10\bar{1}0\} \cdot \infty P2\{11\bar{2}0\} \cdot 0P\{0001\}$; $\infty P \cdot 0P \cdot P\{10\bar{1}1\} \cdot 2P2\{11\bar{2}1\}$ (Fig. 79); letztere auch mit der zwölfseitigen Pyramide $3P\frac{3}{2}\{21\bar{3}1\}$; Kristalle säulenförmig, meist mit vertikal gestreiften Prismenflächen, einzeln eingewachsen oder aufgewachsen und in Drusen; auch derb, stengelig. — Spaltbar nach 0 P deutlich, Bruch muschelig bis uneben; H. = 7,5—8; G. = 2,68 bis 2,76; farblos, wasserhell, meist hell- bis dunkelgrün, gelb, blau; Glasglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $Be_3Al_2(SiO_3)_6$, doch ist fast in allen eine kleine Menge Eisen enthalten, im Smaragd als färbende Substanz ein wenig Chromoxyd; vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, wird von Säuren nicht angegriffen.

Als Varietäten unterscheidet man:

1) Smaragd; schön tiefgrün gefärbt; durchsichtig; im Glimmerschiefer oder Kalkstein: Habachtal in Salzburg, am Fluß Tokowaja bei Katharinenburg im Ural, Neugranada.

2) Edler Beryll; farblos, meist meergrün (Aquamarin), auch ins Blaue und Gelbe übergehend; durchsichtig; im Granit: Elba, Mursinsk und Schaitansk im Ural (große Kristalle), bei Nertschinsk im Gebirge Aduntschilon, Altai (bis 1 m lange Kristalle), Ostindien, Brasilien (hier lose).

3) Gemeiner Beryll; trüb grünlich- oder gelblich-weiß; kantendurchscheinend (auch undurchsichtig); im Granit und Gneis: Bodenmais, Langenbielau in Schlesien, Limoges in Frankreich, Sätersberg bei Modum in Norwegen, Finbo in Schweden, Grafton in New Hampshire (Säulen von 2 m Länge und $\frac{1}{2}$ m Dicke, 1500 kg schwer).

Der Smaragd und der edle Beryll sind wertvolle Edelsteine.

123. Augit (Pyroxen, Diopsid).

Monoklin[1]; der eigentliche Augit zeigt gewöhnlich die Kombination Fig. 185: $a = \infty \bar{P} \infty$ {100}, $p = \infty P$ {110}, $o = P$ {11$\bar{1}$} (Fig. 185 ist also gegen die übliche Stellung so gedreht, daß der spitze Achsenwinkel β vorn oben liegt), $b = \infty \grave{P} \infty$ {010}, auch häufig Zwillinge nach $\infty \bar{P} \infty$ (ähnlich den Gipszwillingen), der Diopsid ein rechtwinkliges Prisma, gebildet von $\infty \bar{P} \infty$ und $\infty \grave{P} \infty$ (bei untergeordnetem ∞P), mit mehreren Hemipyramiden, der Basis $0P$ {001} und andern Flächen. Kristalle säulenförmig, einzeln eingewachsen oder aufgewachsen und in Drusen; auch derb in körnigen, stengeligen und schaligen Massen. — Spaltbar nach ∞P ziemlich vollkommen, Spaltungswinkel etwa 87°; Bruch muschelig; spröd; H. = 5—6; G. = 3,2—3,6; farblos, jedoch meist gefärbt, grau, grün, schwarz; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig; Ebene der optischen Achsen die Symmetrie-Ebene. — Die verschiedenen Varietäten des Augits können entweder betrachtet werden als $CaMg(SiO_3)_2 = CaMgSi_2O_6$ gemischt mit $CaFeSi_2O_6$ oder als eine Mischung dieser Verbindungen mit der isomorphen (tonerdehaltigen) $MgAl_2SiO_6$; in der letzteren Formel ist dann $\overset{II}{Ca}\overset{IV}{Si}$ der ersteren durch $\overset{VI}{(Al_2)}$ ersetzt. Häufig ist auch Mg und Al_2 in der letzteren Verbindung mehr oder weniger durch Fe bzw. Fe_2 vertreten. Vor dem Lötrohr schmelzbar; wird von den gewöhnlichen Säuren kaum angegriffen. Man unterscheidet hauptsächlich:

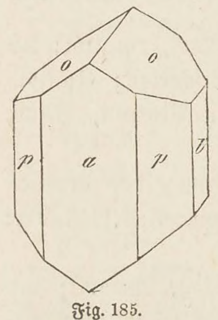


Fig. 185.

1) Diopsid; farblos, grau, grünlich-weiß bis lauchgrün und grünschwarz; durchsichtig bis kantendurchscheinend; Calcium-Magnesium- mit wenig oder mehr Calcium-Eisensilikat, fast ohne Tonerde: Reichenstein in Schlesien, Mussa-Alp im Alatal (Piemont), Zillertal, Nordmarken in Schweden, Achmatowsk am Ural.

2) Gemeiner Augit; dunkelgrün bis rabenschwarz; durchscheinend bis undurchsichtig; tonerdehaltig; Kristalle meist eingewachsen in Melaphyr, Basalt, Andesit, Lava, Tuffen (wichtiger Gemengteil dieser und anderer

[1] $a : b : c = 1{,}0921 : 1 : 0{,}5893$; $\beta = 74^\circ 10'$ (für Diopsid).

Gesteine), auch lose: Kaiserstuhl, Laacher See, Eifel, Böhmen, Fassatal (Fassait), Auvergne, Vesuv.

Der Diopsid findet bisweilen Verwendung als Schmuckstein.

124. Hornblende (Amphibol).

Monoklin[1]; mannigfaltige Kombinationen, namentlich die in Fig. 186 dargestellte; $p = \infty P\{110\}$, $b = \infty \mathrm{P} \infty \{010\}$, $c = 0P\{001\}$, $o = P\{11\bar{1}\}$; Zwillinge nach $\infty \mathrm{P} \infty$ $\{100\}$ zeigen an einem Ende eine Zuspitzung durch vier Flächen P, am andern eine Zuschärfung durch die beiderseitigen Flächen 0P. Andere Kristalle zeigen ∞P, $\mathrm{P} \infty \{011\}$, 0P und $\infty \mathrm{P} \infty$. Kristalle eingewachsen oder aufgewachsen und in Drusen; sehr oft derb, stengelig, strahlig, faserig, körnig; eingesprengt, als Gemengteil von Gesteinen. — Spaltbar nach ∞P vollkommen, Spaltungswinkel etwa 124°; Bruch uneben; spröd; H. = 5—6; G. = 2,9—3,3; weiß, gewöhnlich gefärbt, grau, grün, braun, schwarz; Glasglanz, durchscheinend bis undurchsichtig; zeigt deutlichen Trichroismus. Ebene der optischen Achsen die Symmetrie-Ebene. — Die verschiedenen Varietäten der Hornblende können im wesentlichen entweder als $CaMg_3(SiO_3)_4 = CaMg_3Si_4O_{12}$, gemischt mit $CaFe_3Si_4O_{12}$, betrachtet werden oder als eine Mischung dieser Verbindungen mit der isomorphen (tonerdehaltigen) $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$; in der letzteren Formel ist dann $\overset{II}{Mg}\overset{IV}{Si}$ der ersteren durch $\overset{VI}{(Al_2)}$ ersetzt (ganz ähnlich wie beim Augit, s. oben). Häufig ist auch hier Mg und Al_2 in der letzteren Verbindung mehr oder weniger durch Fe bzw. Fe_2 vertreten. Meist enthält die Hornblende auch noch Alkalien (Natron, Kali). Vor dem Lötrohr schmelzbar, in Säuren unlöslich oder nur teilweise löslich.

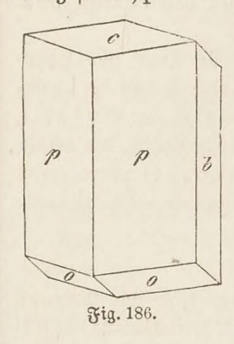


Fig. 186.

1) Tremolit und Strahlstein; ersterer weiß, grau oder hellgrün, letzterer dunkelgrün; durchscheinend bis kantendurchscheinend, glas- bis seidenglänzend; eingewachsene schilfähnliche oder säulenförmige Kristalle und strahlige Massen; fast tonerdefrei; im Talkschiefer, Dolomit und körnigen Kalk: Wolkenstein in Sachsen, Campolongo am St. Gotthard, Zillertal, Ural. An ihn schließt sich an

2) Asbest (Amiant); weißlich, grau, grünlich; feinfaserig, haarförmig; weich, filzartig; durchscheinend bis undurchsichtig, seidenglänzend: Reichenstein in Schlesien, Zöblitz in Sachsen, St. Gotthard, Tirol, Lombardei.

---

[1] $a : b : c = 0{,}5318 : 1 : 0{,}2937$; $\beta = 75° 2'$.

3) Gemeine Hornblende; dunkelgrün, grünlich- und braun-schwarz; undurchsichtig; ein- und aufgewachsene Kristalle mit glänzenden Spaltungsflächen, die basaltischen häufig mit gerundeten Kanten; tonerdehaltig; bildet den Hornblendeschiefer sowie einen wichtigen Gemengteil vieler Gesteine (Syenit, Diorit, Basalt, Trachyt, Andesit): Siebengebirge, Schima in Böhmen, Auvergne, Arendal in Norwegen, Philipstad in Schweden, Vesuv.

Der Asbest wurde schon im Altertum zu unverbrennlichen Zeugen verwebt (ἄσβεστος, unverbrennlich), jetzt findet er u. a. in chemischen Laboratorien beim Filtrieren, auch zum Dichten von Dampfröhren Verwendung.

Ähnliche Verbindungen und isomorphe Mischungen, wie sie Augit und Hornblende darstellen, kommen auch als verschiedene Mineralien vor, welche im rhombischen bzw. triklinen System kristallisieren. Dahin gehören u. a. Enstatit, Bronzit und Hypersthen (Magnesium- und Eisensilikat, rhombisch, die beiden letzteren oft mit metallischem Schiller auf $\infty \bar{P} \infty \{010\}$), Rhodonit (vorwiegend Mangansilikat, triklin). Diese zeigen auch wie Augit ein fast rechtwinkliges Spaltungsprisma.

125. Leucit.

Wahrscheinlich rhombisch, jedoch dem regulären System sehr nahekommend (mimetisch-regulär); das meist allein auftretende, scheinbare Ikositetraeder $2\,O\,2\{211\}$ ist bei Annahme des rhombischen Systems zu deuten als Kombination von $P\{111\}$ mit $4\bar{P}2\{421\}$ und $4\breve{P}2\{241\}$. Stets findet mehrfache Zwillingsbildung nach $2\bar{P}\infty\{201\}$, $2\breve{P}\infty\{021\}$ und $\infty P\{110\}$ (entsprechend je vier Flächen des Rhombendodekaeders) statt, welche die äußere Form der Kristalle meist kaum verändert, indem denselben zahlreiche, aber äußerst dünne Zwillingslamellen in verschiedenen Richtungen eingelagert sind. Die Zwillingsverwachsung tritt nach kurzem Anätzen glattflächiger (aufgewachsener) Leucite mit verdünnter Flußsäure sehr deutlich hervor. Kristalle meist eingewachsen in Lava, seltener aufgewachsen und in Drusen, oft auch mikroskopisch klein als Gemengteil gewisser Basalte und Phonolithe. — Bruch muschelig; H. = 5,5—6; G. = 2,5; farblos, weiß, gelblich, graulich-weiß, grau; Glas- bis Fettglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend; schwach doppeltbrechend. Durch Erhitzen über 500° werden dünne Plättchen einfachbrechend und die Zwillingslamellen verschwinden; das Mineral ist dann regulär (vgl. S. 57 und Boracit). — Chemische Zusammensetzung: $KAl(SiO_3)_2$, jedoch enthalten viele Leucite neben Kalium Natrium; vor dem Lötrohr unschmelzbar; wird von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselsäure vollständig zersetzt. — Findet sich eingewachsen in der Lava von Rieden bei Andernach, vom Vesuv und aus der Umgegend von Rom, aufgewachsen in Kalkauswürflingen des Vesuv.

126. Nephelin.

Hexagonal; gewöhnliche Kombinationen: $\infty P\{10\bar{1}0\} \cdot 0P\{0001\}$; $\infty P \cdot 0P \cdot P\{10\bar{1}1\}$; auch wohl mit $\infty P2\{11\bar{2}0\}$. Die mit verdünnter Flußsäure auf ∞P und $0P$ zu erhaltenden Ätzfiguren weisen durch ihre unsymmetrische Form bzw. Lage darauf hin, daß die Kristalle der pyramidalen Hemiedrie verbunden mit Hemimorphie nach der Hauptachse unterliegen (S. 38). Kristalle ein- oder aufgewachsen; in Körnern in manchen Syeniten, mikroskopisch klein als Gemengteil gewisser Basalte und des Phonoliths. — Spaltbar unvollkommen nach $0P$ und ∞P, Bruch muschelig

bis uneben; H. = 5,5—6; G. = 2,6; farblos, weiß (eigentlicher Nephelin), grau, gelblich, grün, rot (Eläolith); Glas- bis Fettglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung entspricht wenigstens annähernd der Formel (Na, K) $AlSiO_4$; vor dem Lötrohr schmelzbar; wird von Salzsäure vollkommen zersetzt. — Vorkommen: Katzenbuckel im Odenwald, Meiches in Hessen, Löbauer Berg in Sachsen, Vesuv (hier schöne, aufgewachsene Kristalle), südliches Norwegen, Miask.

127. Skapolith (Skapolithgruppe).

Quadratisch, pyramidal-hemiedrisch; gewöhnlich einfache Kombinationen mit $\infty P\{110\}$, $\infty P\infty\{100\}$, $P\{111\}$, $P\infty\{101\}$, zuweilen die Tritopyramide $\frac{3P3}{2}\{311\}$ (auch die mit verdünnter Flußsäure erhaltenen Ätzfiguren weisen auf die Hemiedrie). Kristalle prismatisch, auf- oder eingewachsen. — Spaltbar nach $\infty P\infty$ ziemlich vollkommen; H. = 5—5,5; G. = 2,6—2,76; farblos, weiß, grau, rot, gelb, grün; Glas- und Fettglanz; durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: Die Skapolithgruppe stellt eine Reihe von besonders benannten isomorphen Mischungen eines chlorfreien Calciumaluminium- und eines chlorhaltigen Natriumaluminiumsilikates ($Ca_4Al_6Si_6O_{25}$ und $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$) in wechselnden Verhältnissen dar. Oft mehr oder weniger zersetzt, daher ein häufiger Gehalt an Wasser und Calciumkarbonat, oder in andere Mineralien (Epidot, Albit, Glimmer) umgewandelt. Vor dem Lötrohr unter Aufschäumen schmelzbar, wird durch Salzsäure leicht oder schwierig zersetzt. — Vorkommen der wasserhellen bis weißen Kristalle in vulkanischen Auswürflingen der Monte Somma und vom Laacher See, sonst in körnigem Kalkstein und in kristallinischen Schiefern (Kontaktmineral), als Gemengteil im Gneis und Diorit: Arendal in Norwegen, Malsjö in Schweden, Pargas in Finland, Pyrenäen, an den Ufern der Sljüdjanka am Baikalsee sehr große Kristalle von grüner und gelber Farbe; an vielen Orten in Nordamerika.

128. Orthoklas (Kalifeldspat).

Monoklin[1]; Fig. 107 zeigt die wichtigsten Flächen: $T = \infty P\{110\}$, $M = \infty \grave{P} \infty\{010\}$, $P = 0P\{001\}$, $n = 2\grave{P}\infty\{021\}$, $o = P\{11\bar{1}\}$, $x = \bar{P}\infty\{10\bar{1}\}$, $y = 2\bar{P}\infty\{20\bar{1}\}$; einfachere, sehr häufige Kombinationen sind: $\infty P \cdot \bar{P}\infty \cdot 0P$ (am Adular); $\infty P \cdot \infty\grave{P}\infty \cdot 0P \cdot \bar{P}\infty$; dieselbe mit $2\bar{P}\infty$ statt $\bar{P}\infty$ (am gemeinen Feldspat und Sanidin). Zwillingskristalle sehr häufig, namentlich nach $\infty\bar{P}\infty\{100\}$, wobei die beiden Individuen mit dem Klinopinakoid aneinandergewachsen sind oder einander durchwachsen (sog. Karlsbader Zwillinge, Fig. 187, insbesondere am gemeinen Feldspat und Sanidin) oder nach $2\grave{P}\infty$, dabei oft Vierlingskristalle (sog. Bavenoer Zwillinge, am Adular, auch am gemeinen Feldspat). Kristalle einzeln eingewachsen und ringsum ausgebildet oder aufgewachsen und in Drusen; auch in grob- bis feinkörnigen Aggregaten. — Spaltbar nach den beiden aufeinander senkrechten Flächen $0P$ und $\infty\grave{P}\infty$ (daher Orthoklas, von *ὀρθός* rechtwinklig, *κλάω* spalte) sehr vollkommen bzw. vollkommen, Bruch

[1] $a:b:c = 0{,}6585:1:0{,}5554$; $\beta = 63^{\circ}57'$.

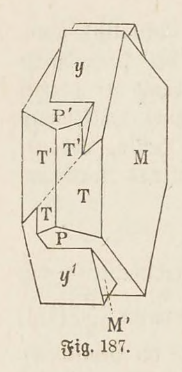


Fig. 187.

muschelig bis splitterig; H. = 6; G. = 2,53—2,58; farblos, nicht selten wasserhell, meist gefärbt, weiß, gelblich, rötlich-weiß, fleischrot, grünlich; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig; die Ebene der optischen Achsen steht meist senkrecht auf der Achsenebene a c, zuweilen fällt sie jedoch mit dieser zusammen. — Chemische Zusammensetzung: $KAlSi_3O_8$, abzuleiten von der Polykieselsäure $H_4Si_3O_8$; meist mit etwas Natrium statt Kalium. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar zu trübem Glase; wird von Säuren (ausgenommen Flußsäure) kaum angegriffen.

Man unterscheidet folgende Varietäten:

1) Adular; in schönen, aufgewachsenen Kristallen; farblos, weiß, stark glänzend; durchsichtig bis durchscheinend, zuweilen mit bläulichem Lichtschein (Mondstein); namentlich auf Klüften und in Hohlräumen im Gneis, Glimmerschiefer, Granit: St. Gotthard, Wallis, Tirol, Ceylon.

2) Gemeiner Feldspat; gleichfalls oft schön kristallisiert, ein- und aufgewachsen; auch derb und in großen Massen, wesentlicher Gemengteil sehr verbreiteter Gesteine (Granit, Gneis, Porphyr, Syenit); weiß, grau, gelblich, rot, grünlich; durchscheinend bis undurchsichtig; schöne Kristalle von Penig in Sachsen, Karlsbad und Petschau in Böhmen, Baveno am Lago Maggiore, auf Elba, am Ural.

3) Sanidin (glasiger Feldspat); Kristalle tafelförmig nach $\infty \mathrm{P} \infty$ oder rechtwinklig säulenförmig nach $\infty \mathrm{P} \infty$ und 0P; oft rissig, auf- und eingewachsen; farblos bis grau, glasglänzend; durchsichtig bis durchscheinend; häufig ist darin ein großer Teil des Kaliums durch Natrium ersetzt; im Trachyt und Phonolith: Drachenfels im Siebengebirge, Bilin in Böhmen, Monte Amiata in Italien; in den vulkanischen Auswürflingen vom Laacher See, aus der Eifel und vom Vesuv (wasserheller sog. Eisspat).

Der Mondstein wird bisweilen als Schmuckstein, der gemeine Feldspat als Zusatz zur Porzellanmasse und zur Herstellung von Glasuren verwendet.

Der Mikroklin hat die gleiche Zusammensetzung wie Orthoklas, zeigt auch ganz ähnliche Kristallformen, muß jedoch seinem optischen Verhalten gemäß als triklin mit lamellarer (vielfach wiederholter) Zwillingsbildung nach den beim Albit (s. unten) erwähnten Gesetzen (mimetisch-monoklin) betrachtet werden: Schlesien (Hirschberg und Striegau), Norwegen; — Grönland, Ilmengebirge (Amazonenstein, grün).

129. Albit (Natronfeldspat).

Triklin[1]; die Kombinationen ähnlich denen des Orthoklases, jedoch weicht der Winkel 0P {001}: $\infty \breve{\mathrm{P}} \infty$ {010} um $3\frac{1}{2}^0$ von einem rechten ab.

[1] a : b : c = 0,6335 : 1 : 0,5577; $\alpha = 94^0 3'$, $\beta = 116^0 29'$, $\gamma = 88^0 9'$.

Häufige Kombinationen: $\infty \breve{P} \infty \cdot 0P \cdot \infty P', \{110\} \cdot \infty,'P \{1\bar{1}0\} \cdot ,\bar{P}, \infty$ $\{10\bar{1}\}$ (einen Zwillingskristall derselben s. Fig. 127); dieselbe mit $o = P,$ $\{11\bar{1}\}$; Fig. 188 zeigt außer den genannten Flächen noch $Z = \infty \breve{P}', 3 \{130\}$, $Z' = \infty ,'\breve{P} 3 \{1\bar{3}0\}$, $n = 2'\breve{P}, \infty \{0\bar{2}1\}$, $y = 2,\bar{P}, \infty \{20\bar{1}\}$; hinsichtlich der sehr gewöhnlichen Zwillingsbildung vgl. S. 57. Kristalle tafel- oder kurzsäulenförmig, diejenigen des weißen Periklins (mit einer andern Zwillingsbildung, wobei das eine Individuum gegen das andere um die Makrodiagonale um 180° gedreht ist) nach der Richtung der Makrodiagonale in die Länge gestreckt, meist aufgewachsen, in Drusen; auch derb, körnig, schalig, strahlig; als Gemengteil von Gesteinen hauptsächlich in kristallinischen Schiefern. — Spaltbar nach $0P$ und $\infty \breve{P} \infty$ sehr vollkommen bzw. vollkommen; H. = 6—6,5; G. = 2,62; farblos, weiß, rötlich, grünlich, gelblich; Glasglanz, auf $0P$ Perlmutterglanz; durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $NaAlSi_3O_8$, jedoch ist fast stets ein kleiner Gehalt an Kalium und Calcium vorhanden; vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, färbt die Flamme gelb; wird von Säuren (außer Flußsäure) kaum angegriffen. — Findet sich auf Spalten im Gneis, Chloritschiefer, Granit, auch im Dolomit: Penig in Sachsen, Hirschberg in Schlesien (mit Kalifeldspat verwachsen), Zöptau in Mähren, St. Gotthard, Pfitschtal und Schmirn in Tirol, Elba, Ural.

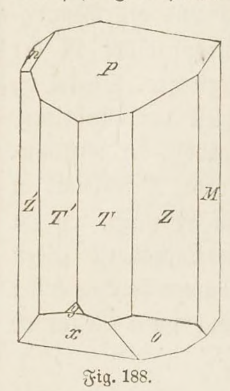


Fig. 188.

130. Anorthit (Kalkfeldspat).

Triklin, isomorph mit Albit; mannigfaltige Kombinationen; Zwillingsbildung ganz gewöhnlich, meist nach dem ersten beim Albit erwähnten Gesetz. Kristalle kurzsäulen- oder tafelförmig, ein- und aufgewachsen, in Drusen; auch in Körnern und körnigen Massen sowie als Gemengteil verschiedener Gesteine (Gabbro, Diorit, Basalt). — Spaltbar nach $0P \{001\}$ und $\infty \breve{P} \infty \{010\}$ vollkommen; H. = 6; G. = 2,75; farblos, weiß, rot; glasglänzend, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $CaAl_2Si_2O_8$, welche Formel mit der des Albits verglichen werden kann, wenn man sich in letzterer NaSi durch CaAl (beides zusammen fünfwertig) ersetzt denkt; meist mit einem kleinen Natriumgehalt; wird von Salzsäure zersetzt, verwittert leichter als andere Feldspate; vor dem Lötrohr schwer schmelzbar. — Findet sich in den Auswürflingen des Vesuv, an der Pesmeda-Alp am Monzoni in Tirol, bei Tunaberg in Schweden, in der Lava der Hekla, bei Carnatik in Vorderindien; in einzelnen Meteorsteinen.

Zwischen Albit und Anorthit steht eine ganze Reihe von Feldspaten, welche als isomorphe Mischungen von beiden zu betrachten sind und je nach dem Vorwalten der Albit- oder Anorthitsubstanz als Kalknatron- oder Natronkalkfeldspate bezeichnet werden. Diese gemischten Feldspate sind im allgemeinen viel häufiger als Albit und Anorthit für sich, doch treten sie meist nicht deutlich kristallisiert, sondern mehr derb und als Gemengteile zahlreicher Gesteine auf. Der wichtigste Kalknatronfeldspat ist der Oligoklas (Vesuv, Arendal und Tvedestrand in Norwegen, Stockholm, Finland, Pennsylvanien; sehr verbreitet als Gemengteil von Gesteinen, wie Granit, Gneis, Syenit, Porphyr, Diorit, Trachyt), der wichtigste Natronkalkfeldspat der Labradorit (Küste von Labrador, Verespatak in Siebenbürgen, Ingermanland; als Gemengteil in vielen Gesteinen, wie im Gabbro, Diabas, Basalt, Andesit). Manche Varietäten des Labradorits zeigen auf den Spaltungsflächen nach $\infty \breve{P} \infty$ einen schönen bunten Farbenschiller (S. 83). Man bezeichnet die triklinen Feldspate (ausgenommen Mikroklin) insgesamt auch als Plagioklase (πλάγιος, schief).

131. Hauyn.

Regulär; meist $\infty O\{110\}$ allein oder in Kombination mit $O\{111\}$, häufiger in Körnern, eingewachsen. — Spaltbar nach ∞O; H. = 5,5; G. = 2,4; farblos, weiß, meist blau in verschiedenen Nuancen; Glas- bis Fettglanz, durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung eigentümlich: der Hauyn kann als Verbindung eines Orthosilikates von Aluminium, Natrium und Calcium mit Aluminium-Natriumsulfat betrachtet werden, wobei das Aluminium des letzteren zugleich einen Teil des Wasserstoffs der Kieselsäure ersetzt. Schmilzt vor dem Lötrohr zu einem blaugrünen Glase, wird von Salzsäure zersetzt. — Findet sich in den sog. Lesesteinen (Auswürflingen) am Laacher See, ebenso am Vesuv und im Albaner Gebirge, in der basaltischen Lava von Niedermendig.

Eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie der Hauyn besitzt der fast calciumfreie, dafür an Na reichere, meist grau gefärbte, gleichfalls regulär kristallisierende Nosean, welcher z. B. auch am Laacher See vorkommt.

132. Lasurit (Lasurstein, Lapis Lazuli).

Der lasurblaue, reguläre, doch selten deutliche (rhombendodekaedrische) Kristalle zeigende Lasurit bildet den färbenden Bestandteil des Lasursteins (Lapis Lazuli), welch letzterer ein Gemenge von Lasurit mit verschiedenen andern Mineralien darstellt. Der größte Teil dieses Gemenges besteht aus Hauyn. Lasurstein tritt in Form von körnigen Aggregaten im Kalkstein auf. Für ihn ist H. = 5,5; G. = ca. 2,4; fettglänzend, kantendurchscheinend bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung des eigentlichen Lasurits ähnlich derjenigen des Hauyns, jedoch mit einem Gehalt an Schwefelnatrium; der Lasurstein entfärbt sich vor dem Lötrohr und schmilzt zu einem weißen Glase, wird von Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff

zersetzt. — Findet sich in Badakschan am Oxus (Zentralasien), am Baikalsee, in Chile, in den Auswürflingen des Vesuv.

Der Lasurstein diente früher als Malerfarbe (natürliches Ultramarin), jetzt wird er nur mehr zu Ornamenten und Schmucksteinen verarbeitet.

133. Titanit (Sphen).

Monoklin; mannigfaltige und flächenreiche Kombinationen, häufig Zwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsebene die Basis; Kristalle säulen- oder tafelförmig, oft scharfkantig (σφήν, Keil), auf- und eingewachsen; auch derb in schaligen Massen. — H. = 5—5,5; G. = 3,5; gelb, grün, braun; Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung: im einfachsten Falle $CaTiSiO_5$, indes ist oft etwas Calcium durch Eisen ersetzt; schmilzt vor dem Lötrohr an den Kanten, wird von Schwefelsäure zersetzt unter Abscheidung von Kieselsäure und Gips. — In oft prächtigen aufgewachsenen Kristallen in kristallinischen Schiefern und im Granit, eingewachsen im körnigen Kalkstein: St. Gotthard, Tavetsch in Graubünden, Binnental, Zillertal, Pfitschtal, Ural, Kanada; häufig in kleineren Kristallen im Syenit (Plauenscher Grund bei Dresden, Arendal) und in andern Gesteinen.

Campolungo im Tessin bei Rodi-Fiesso

II. Wasserhaltige Silikate.

Die in dieser Abteilung besprochenen Mineralien werden Zeolithe (ζέω, siede) genannt, weil sie meist die Eigenschaft haben, vor dem Lötrohr unter Aufschäumen (Abgabe von Wasser) zu schmelzen. Sie enthalten in der Regel Aluminium nebst ein- oder zweiwertigen leichten Metallen (insbesondere Natrium, Kalium, Calcium), sind farblos oder weiß, selten gefärbt, zeigen keinen hohen Härtegrad und meist ein spezifisches Gewicht von nur 2,0—2,5; werden durch Säuren leicht zersetzt. Sie treten besonders in Hohlräumen des Basalts, Melaphyrs usw. auf und sind dort sämtlich als Umwandlungsprodukte anderer Mineralien, namentlich aus der Feldspatgruppe, aufzufassen. Wir führen nur die wichtigsten Zeolithe an.

134. Analcim.

Regulär; 2O2 {211}, gewöhnlich allein, auch in Kombination mit ∞O∞ {100}; Kristalle klein bis groß, meist in Drusen. — Bruch uneben; H. = 5,5; G. = 2,25; farblos, weiß, auch graulich, rötlich, fleischrot; glasglänzend bis matt, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $NaAl(SiO_3)_2 + H_2O$, manchmal mit etwas Calcium und Kalium; verliert beim Erhitzen Wasser und wird trüb; schmilzt vor dem Lötrohr zu einem klaren Glase; wird von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselsäure vollständig zersetzt. — Tritt auf in Blasenräumen und auf Klüften des Basalts, Dolerits, Melaphyrs, Phonoliths, Diabas: Aussig, Seißer Alp, Fassatal, Montecchio bei Vicenza, Zyklopeninseln, am Oberen See (Nordamerika), Australien.

135. Apophyllit (Ichthyophthalm).

Quadratisch[1]; P {111} selbständig und in Kombination mit ∞P∞ {100} (in Fig. 189 p und a), auch mit 0P {001}; Kristalle pyramidal, auch säulenförmig nach ∞P∞ und tafelartig nach 0P; die Flächen sind in der Regel eigentümlich gezeichnet oder gestreift, diejenigen von ∞P∞ oft

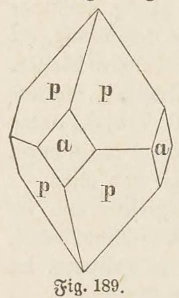


Fig. 189.

zylindrisch gekrümmt. — Spaltbar nach 0P sehr vollkommen; spröd; H. = 4,5—5; G. = 2,35; farblos und wasserhell, weiß, gelblich, graulich, rötlich bis rosenrot; Glasglanz, jedoch auf 0P ausgezeichneter Perlmutterglanz; durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung entspricht einem sauren, kristallwasserhaltigen Metasilikat von Kalium und Calcium von ziemlich kompliziertem Formel; etwas Fluor (bis $1^1/_2$ %) ersetzt einen Teil des Hydroxyls OH; wird vor dem Lötrohr matt, blättert sich auf (ἀποφυλλίζειν, abblättern) und schmilzt zuletzt; Salzsäure zersetzt das Pulver unter Abscheidung von Kieselsäure. — Findet sich ähnlich wie Analcim: Aussig, Seißer Alp, Fassatal, Färöer, Island, Bergen Hill in New Jersey, Guanajuato in Mexiko, Poonah in Ostindien; auch auf Erzgängen und Lagern: Andreasberg, Cziklowa und Orawicza im Banat.

136. Natrolith.

Rhombisch; gewöhnliche Kombination: ∞P {110} · P {111}, auch mit ∞P̆∞ {010}; Kristalle dünnsäulen- bis nadelförmig, meist klein, in Drusen; auch in radialstrahligen und faserigen Aggregaten sowie dicht. — Spaltbar nach ∞P vollkommen; H. = 5—5,5; G. = 2,25; farblos, weiß, gelblich; Glasglanz, durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $Na_2Al_2Si_3O_{10}[=Na_2(AlO)Al(SiO_3)_3] + 2H_2O$; wird vor dem Lötrohr trüb und schmilzt leicht zu einem klaren Glase (schmilzt auch schon in der Kerzenflamme); löst sich in Salzsäure unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure. — Vorkommen wie beim Analcim: Aussig, Salesl, Hohentwiel am Bodensee, Auvergne, Brevig in Norwegen, Island.

Dem Natrolith nach Aussehen und Kristallform sehr ähnlich ist der Skolezit; indes erweist sich derselbe bei genauerer kristallographischer und optischer Untersuchung wie auch nach seinen Ätzfiguren als monoklin-hemiedrisch. Zwillinge nach ∞P∞ {100}. — Wird beim Erwärmen polar-pyroelektrisch; H. = 5—5,5; G. = 2,28. — Chemische Zusammensetzung: $CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$. — Weit seltener als Natrolith; im Basalt der Auvergne, auf Staffa, Island, den Färöern; große Kristalle bei Poonah (Ostindien).

---

[1] a : c = 1 : 1,2515.

137. Heulandit (Stilbit).

Monoklin; gewöhnliche Formen: $0P\{001\}$, ∞ P̸ ∞ $\{010\}$, ∞ Ꝑ ∞ $\{100\}$, Ꝑ ∞ $\{10\bar{1}\}$. Kristalle meist tafelartig nach ∞ P̸ ∞, wonach sie auch sehr vollkommen spaltbar sind (mit stark perlmutterglänzenden Spaltungsflächen). Sehr spröd; H. = 3,5—4; G. = 2,15; gewöhnlich farblos oder weiß, auch wohl durch beigemengtes Eisenoxyd rot gefärbt; durchsichtig bis kantendurchscheinend. — Chemische Zusammensetzung: $H_4CaAl_2(SiO_3)_6 + 3H_2O$ (entsprechend einem sauren Salze), meist mit etwas Strontium und Natrium an Stelle von Calcium; schmilzt vor dem Lötrohr unter starkem Aufblähen, wird von Salzsäure leicht zersetzt. — Findet sich ziemlich häufig in Blasenräumen des Basalts und Melaphyrs auf Island, den Färöern; auch auf Klüften im Gneis (Kanton Wallis) und auf Erzgängen, so bei Andreasberg im Harz; der rote im Fassatal.

138. Chabasit.

Hexagonal rhomboedrisch; $R\{10\bar{1}1\}$ (Polkantenwinkel 94—95°) meist allein, auch wohl mit untergeordnetem $-\frac{1}{2}R\{01\bar{1}2\}$ und $-2R\{02\bar{2}1\}$; häufig Durchkreuzungszwillinge, wobei das eine Individuum gegen das andere um 60° um die Hauptachse gedreht ist und mit seinen Randecken die Hauptrhomboederflächen desselben durchbricht. Die Flächen von R sind in der Regel in der Richtung der Polkanten federförmig gestreift. Kristalle zu Drusen vereinigt. — Spaltbar nach R zuweilen deutlich; H. = 4—4,5; G. = 2,15; farblos, weiß; Glasglanz, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung schwankend; der Chabasit bildet eine isomorphe Mischung der beiden wasserhaltigen Silikate $CaAl_2(Si_3O_8)_2 + 8H_2O$ und $CaAl_2Si_2O_8 + 4H_2O$ (besser vergleichbar nach Verdopplung der letzten Formel, wobei die Summe der Wertigkeiten gleich wird), im Mittel $CaAl_2Si_4O_{12} + 6H_2O$, jedoch immer mit etwas Natrium und einem geringen Gehalt an Kalium an Stelle von Calcium. — Findet sich unter ähnlichen Verhältnissen wie Analcim und Apophyllit: Aussig, Salesl, Oberstein, Färöer; auf Erzgängen bei Andreasberg; — am Harz und bei Baveno auch im Granit.

139. Harmotom (Kreuzstein).

Anscheinend rhombisch; stets in Durchkreuzungszwillingen, wobei zwei säulenförmige Individuen der Kombination $\infty \breve{P} \infty \{010\} \cdot \infty \bar{P} \infty \{100\} \cdot P\{111\}$ (oft noch mit $\breve{P} \infty \{011\}$) nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche des Prismas $\infty P\{110\}$ — dessen Winkel fast gleich 90° ist — einander durchwachsen. Fig. 190 stellt einen solchen Zwilling in der Richtung der Vertikalachse gesehen dar. Die Flächen der Pyramide und des Makropinakoids sind parallel ihren Kombinationskanten gestreift; demnach weist das Makropinakoid eine vierfache, federförmige Streifung auf, welche in Verbindung mit gewissen optischen Eigenschaften dahin geführt hat, jedes nach unserer Darstellung einfache Individuum wieder als einen

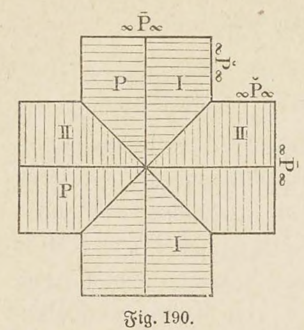


Fig. 190.

Durchkreuzungszwilling aufzufassen, wobei man jedoch den Harmotom ins monokline Kristallsystem versetzen muß. — Spröd; H. = 4,5; G. = 2,47; farblos, meist weiß, graulich, gelblich, rötlich; glasglänzend, durchsichtig bis durchscheinend. — Chemische Zusammensetzung ausdrückbar durch die Formel: $BaAl_2Si_5O_{14} + 5\ H_2O$ (wird auch als isomorphe Mischung von $BaAl_2(Si_3O_8)_2 + 6\ H_2O$ und $BaAl_2Si_2O_8 + 3\ H_2O$ betrachtet), jedoch ist stets ein kleiner Teil des Baryums durch Kalium, Natrium und Calcium vertreten; schmilzt vor dem Lötrohr ziemlich schwer zu einem weißen Glase, wird von Salzsäure vollständig zersetzt unter Abscheidung von Kieselsäure. — Findet sich im Mandelstein zu Oberstein und auf Erzgängen zu Andreasberg, Kongsberg in Norwegen, Strontian in Schottland.

Isomorph mit Harmotom und demselben in kristallographischer Beziehung ganz ähnlich ist der Phillipsit oder Kalkharmotom, welcher an Stelle des Baryums Calcium enthält; er findet sich in Hohlräumen des Basalts und ähnlicher vulkanischer Gesteine: Stempel bei Marburg, Sasbach am Kaiserstuhl, Vesuv.

140. Desmin.

Ähnlich wie Harmotom anscheinend rhombisch (mit $\infty \bar{P} \infty \{100\}$, $\infty \breve{P} \infty \{010\}$, $P \{111\}$), doch werden auch hier, ebenso wie bei jenem, die scheinbar einfachen Kristalle als monokline Zwillinge aufgefaßt; gewöhnlich in bündel- oder garbenförmigen Gruppen. — Spaltbar nach $\infty \breve{P} \infty$ (bzw. $\infty P \infty$) vollkommen; H. = 3,5—4; G. = 2,15; gewöhnlich farblos oder weiß, auch rot. Auf $\infty P \infty$ Perlmutter-, sonst Glasglanz. — Chemische Zusammensetzung: $CaAl_2(Si_3O_8)_2 + 6\ H_2O$, doch ist darin etwas Calcium durch Natrium ersetzt. Bläht sich vor dem Lötrohr stark auf und schmilzt, wird von Salzsäure zersetzt. Vorkommen ganz ähnlich wie bei Heulandit: Island, Färöer, Schottland, Seisser Alp; Kanton Wallis; Andreasberg.

Sechste Klasse: Organische Verbindungen pflanzlichen oder tierischen Ursprungs. Kohlen.

Die Körper dieser Klasse sind ihrer Herkunft wegen (S. 1) eigentlich nicht zu den Mineralien zu rechnen, auch geht den meisten derselben eine bestimmte Form ab, einzelne sind flüssig. Alle verbrennen, und zwar entweder vollständig oder mit Hinterlassung von Asche (Inflammabilien). Ihre chemische Zusammensetzung unterliegt in der Regel bedeutenden Schwankungen, was darin seinen Grund hat, daß sie großenteils ihre Entstehung einer mehr

oder weniger vollkommenen Umwandlung organischer Substanzen verdanken. Besonders deutlich tritt dies hervor bei den Kohlen, welche aus unter Abschluß der Luft mehr oder minder zersetzter Holzfaser hervorgegangen sind. Sie bilden eine zusammenhängende Reihe, wie folgende Tabelle zeigt:

	Holzfaser.	Torf.	Braunkohle.	Steinkohle.	Anthracit.
%C	51,4—52,6	53—58	55—75	74—94	über 90
%O	43—42	35—28	26—19	20—3	3—0
%H	6—5,5	6—5	6—3	5—0,5	3—0,5.

141. Bernstein

ist wenig verändertes Baumharz von vorweltlichen (tertiären) Koniferen; zuweilen hängt noch Holz daran, auch umschließt er nicht selten Insekten, Blüten usw. Bildet rundliche, stumpfeckige Stücke und Körner, auch geflossene Formen, ist etwas spröd und besitzt vollkommen muscheligen Bruch; H. etwas über 2; G. = 1—1,1; gelb, ins Rote oder Braune, auch gelblichweiß, manchmal geflammt und gestreift; durchsichtig in allen Graden bis fast undurchsichtig, Fettglanz, sehr politurfähig; wird mit Wolle gerieben negativ elektrisch (ἤλεκτρον, Bernstein). — Chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{10}H_{16}O$, er ist jedoch ein Gemenge mehrerer Stoffe; schmilzt erst bei 287° und zersetzt sich dann in Wasser, Bernsteinsäure und ein brenzliches Öl; brennt mit heller Flamme und angenehmem Geruch; löslich in Steinöl und Benzol. — Findet sich namentlich in der Braunkohlen-Formation und im Diluvium vieler Länder, besonders im nordöstlichen Deutschland (Brandenburg, Pommern, Ostseeküste von Danzig bis Memel — „in der rauhen Jahreszeit peitschen und unterwühlen die Winde die Küste: die Bernsteinfischer waten hinein und fangen mit Netzen das Bernsteinkraut, fucus vesiculosus und fastigiatus, mit welchem eine Welle öfter mehrere Pfund Bernstein auf einmal ins Netz wirft". Quenstedt), in Kurland, Livland, auch in Sizilien und Spanien.

Wird zu Schmucksachen, Perlen, Knöpfen, Zigarrenspitzen usw. verarbeitet, auch dient er als Räucherwerk, zur Darstellung des Bernsteinlacks und der Bernsteinsäure.

142. Asphalt (Erdpech).

Amorph; derb, eingesprengt, in Adern, auch in kugeligen, traubigen und tropfsteinartigen Massen sowie als Überzug; Bruch muschelig; H. = 2; G. = 1,15; pechschwarz, fettglänzend, undurchsichtig; wird beim Reiben elektrisch und verbreitet einen eigentümlichen bituminösen Geruch. — Besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in schwankenden Verhältnissen; schmilzt bei 100°, ist leicht entzündlich und verbrennt mit stark rußender Flamme; löst sich leicht in Steinöl. — Findet sich in Lagern, Gängen und

auf Klüften, auch auf Erzgängen, und durchdringt Sandstein- und Kalksteinschichten: Bentheim in Hannover, Lobsann im Elsaß, Dannemora in Schweden, Avlona in Albanien, Totes Meer (am Ufer und auf dem Wasser schwimmend), ebenso auf der Insel Trinidad.

Wird gebraucht zu Fackeln, schwarzem Siegellack und Firnis, zum Teeren der Schiffe, zur Fabrikation von Dachpappe, mit Sand oder Kies gemischt zur Herstellung von Trottoirs und Straßenpflaster.

143. Steinöl (Petroleum, Erdöl, Naphta).

Dünn- oder zähflüssig; G. = 0,6—0,9; farblos, gelb, braun; durchsichtig bis durchscheinend; leicht flüchtig, riecht stark bituminös. — Das Steinöl ist ein wechselndes Gemenge vieler Kohlenwasserstoffe, hauptsächlich von der allgemeinen Formel C_nH_{2n+2} (C_2H_6 bis $C_{16}H_{34}$), doch auch von solchen der Reihe C_nH_{2n} und der Benzolreihe C_nH_{2n-6} (letztere im kaspischen Petroleum); leicht entzündlich, brennt mit stark rußender Flamme; mischt sich nicht mit Wasser. Als Naphta bezeichnet man das dünnflüssige, wasserhelle, als Steinöl das gelbliche, noch vollkommen flüssige, und als Bergteer das gelb- bis dunkelbraune, zähflüssige Öl. — Sehr verbreitet, indem es entweder die Gesteinsmassen durchtränkt und aus Klüften und Spalten hervordringt, oder (mit oder ohne Wasser) als Petroleumquelle aus der Erde bzw. aus Bohrlöchern zutage tritt, in welch letzterem Falle es oft auch durch Auspumpen gewonnen wird: Hannover (Ölheim bei Peine), Bechelbronn im Elsaß, Galizien, Kanada; hauptsächlich und in größter Menge in Pennsylvanien, New York, Ohio, Virginien, bei Baku am Kaspisee. Man betrachtet das Erdöl als ein Umwandlungsprodukt fettartiger Körper organischen Ursprungs.

Das rohe Petroleum wird durch fraktionierte Destillation in verschiedene Anteile zerlegt: Petroleumäther und Benzin (bis 100° übergehend), Ligroin und Putzöl (100 bis 150°), raffiniertes Petroleum (Beleuchtungs- und Brennmaterial, 150 bis 300°); die höher siedenden Anteile liefern Schmieröl, Paraffinöl und Vaselin. Dient auch zur Auflösung von Harzen, als Medikament und zur Aufbewahrung leicht oxydierbarer Metalle (Kalium, Natrium).

144. Braunkohle (Lignit).

Amorph, oft mit deutlicher Holzstruktur; holzähnlich, blätterig, dicht, erdig; Bruch holzartig, muschelig oder uneben; weich, zuweilen zerreiblich; braun bis pechschwarz, Strich braun; fettglänzend bis matt, undurchsichtig; G. = 1,2—1,4. — Chemische Zusammensetzung s. S. 195, der Gehalt an Aschenbestandteilen schwankt zwischen weiten Grenzen; enthält viel Bitumen und oft Schwefelkies beigemengt; verbrennt mit unangenehmem Geruch; färbt erwärmte Kalilauge tief braun. — Findet sich besonders in

der (tertiären) Braunkohlen-Formation in mächtigen Lagern (Flözen), hat sich stellenweise noch im Lauf der letzten Jahrhunderte aus Holz gebildet. Man unterscheidet: 1. gemeine Braunkohle, mit Spuren von Holztextur, auch dicht und erdig; H. bis 2; umschließt oft deutlich erkennbare Überreste von Stämmen, Blättern und Früchten; die zerreibliche dient als braune Farbe (kölnische Umbra): bei Bonn und Köln, in Hessen, Thüringen, Sachsen, Schlesien, Böhmen, England, Frankreich. 2. bituminöses Holz; H. = 1; kommt in ganzen, zuweilen aufrechten Stämmen vor; läßt sich sägen und spalten; stammt von Laub- und namentlich von ausgestorbenen Nadelhölzern: Haardt im Siebengebirge, Friesdorf bei Bonn, Kolditz in Sachsen. 3. Blätterkohle; schieferig, spaltbar; werden die Blätter ganz dünn, so nennt man sie Papierkohle; besteht vorwiegend aus Bitumen, Ton und Kieselsäure: Siebengebirge, Wetterau bei Salzhausen, Westerwald, Auvergne. 4. Pechkohle; dicht mit vollkommen muscheligem Bruch; H. = 2,5; spröd; pechschwarz, fettglänzend: Bayern, Tirol, Steiermark.

Dient als Brennmaterial, die mit Schwefelkies durchwachsene zur Fabrikation von Alaun; durch trockene Destillation der Braunkohle gewinnt man Paraffin und ein dem Petroleum ähnliches Öl.

145. Steinkohle.

Amorph, Pflanzentextur selten wahrnehmbar; schieferig, faserig, dicht; Bruch muschelig, uneben oder faserig; H. = 2—2,5; G. = 1,2—1,5; schwarz, Strich schwarz; Glas- und Fettglanz, die faserige Seidenglanz. — Chemische Zusammensetzung s. S. 195, enthält auch ein wenig Stickstoff; die Asche beträgt 1—30 %. Sehr gewöhnlich ist ein Gehalt an Schwefelkies. Gibt mit Kalilauge gekocht keine oder nur eine weingelbe Färbung. Man bezeichnet die Steinkohle als fett oder mager, je nachdem sie viel oder wenig Bitumen enthält. Back-, Sinter- oder Sandkohle heißt sie, wenn Stückchen derselben beim Erhitzen unter Luftabschluß zusammenbacken oder nur zusammensintern oder endlich zu Pulver zerfallen. Die Steinkohle ist durch Umwandlung vorweltlicher Pflanzen, namentlich aus den Familien der Sigillarien, Araukariten, Kalamiten, Koniferen, Lepidodendren und Farren, entstanden. Sie tritt in mächtigen Lagern und Schichten (Flözen), auch in Nestern besonders in der sog. Karbon- oder Steinkohlenformation auf und ist bedeutend älter als die Braunkohle. Die mit Schieferton, Sandstein usw. abwechselnden Flöze, welche sehr häufig an Rissen oder Spalten auftretende Verschiebungen oder Verwerfungen zeigen, besitzen in den verschiedenen Revieren eine sehr wechselnde Mächtigkeit und Zahl. Erstere schwankt

zwischen einigen Millimetern und etwa 15 m. Nur selten kommt ein einzelnes Flöz vor, meist liegen mehrere (bis zu 120) in gewissen Abständen übereinander. Dabei gilt das Gesetz, daß die Anzahl der Flöze zu ihrer mittleren Mächtigkeit im umgekehrten Verhältnis steht, d. h. je zahlreicher die Flöze, um so geringer auch deren Mächtigkeit. Die Qualität der Kohlen (ob magere oder fette, Sand- oder Backkohlen) hängt oft von der Tiefe der Flöze ab.

Als Varietäten unterscheidet man:

1) Glanzkohle; Bruch muschelig; auf den glatten Absonderungsflächen stark, meist metallisch glänzend; eisen- oder samtschwarz, oft bunt angelaufen; zerbrechlich und spröd.

2) Grob- oder Mattkohle; Bruch uneben, grobkörnig; wenig glänzend oder matt; graulich-schwarz bis pechschwarz; etwas zäh; dickschiefrig.

Glanz- und Grobkohle sind weitaus am häufigsten und bilden, meist schiefrig und in dünnen Lagen miteinander abwechselnd, die sog. Schiefer- oder Blätterkohle. Einige wichtige Fundorte sind: Dortmund, Essen, Saarbrücken, Chemnitz, Schlesien, Böhmen, Belgien, England, Nordamerika, China.

3) Faserkohle; faserig, sehr weich und zerbrechlich; seidenglänzend; gleicht verdrückter Holzkohle. Bildet dünne Schichten zwischen anderer Kohle: Rheinbayern, Schlesien, England. Hierhin ist auch wohl die Rußkohle zu stellen, welche aus kurzfaserigen, staubartigen Teilen besteht, leicht zerreiblich ist und stark abfärbt: bei Halle, Ilmenau in Thüringen, Altwasser in Schlesien.

4) Kännelkohle (vom engl. Candle Coal, Kerzenkohle); dicht, mit ebenem bis flachmuscheligem Bruch; graulich- bis samtschwarz, pechschwarz; nicht spröd, politurfähig; sehr bituminös: Wigan in Lancashire, Newcastle in Durham, Saarbrücken, Epinac in Frankreich, Nordamerika.

5) Pechkohle; dicht, Bruch großmuschelig; pechschwarz, mit starkem Fettglanz; sehr spröd; hat mit Kännelkohle das geringste spezifische Gewicht: Sachsen, Schlesien.

Die Steinkohlen dienen unmittelbar oder im verkokten (durch Erhitzen von Schwefel und Bitumen befreiten) Zustande als wichtigstes Brennmaterial sowie zum Schmelzen und Reduzieren der Erze; auch stellt man daraus Leuchtgas dar, wobei man als Nebenprodukt den Steinkohlenteer erhält. Aus der Kännelkohle werden Vasen, Dosen, Knöpfe, Schmucksachen u. dgl. verfertigt; dieselbe Verwendung findet der ähnliche (eigentlich zur Braunkohle zu rechnende) Gagat (Jet), welcher bei Whitby in England und in der Schwäbischen Alb vorkommt.

146. Anthracit (Kohlenblende).

Amorph; Bruch muschelig; spröd; H. = 2—2,5; G. = 1,5—1,7; eisenschwarz bis graulich-schwarz; starker metallähnlicher Glasglanz, undurchsichtig. — Chemische Zusammensetzung s. S. 195, enthält kein Bitumen und hinterläßt beim Verbrennen wenig Asche; verbrennt schwer mit schwacher Flamme, ohne zu sintern; färbt Kalilauge nicht. — Bildet in der Steinkohlenformation und noch älteren Formationen Nester, Stöcke und Lager; findet sich bei Aachen, in Westfalen, Sachsen, Schlesien, England, Belgien, in den Französischen und Piemontesischen Alpen, besonders massenhaft in Nordamerika.

Dient als Brennmaterial, besonders in Kalk- und Ziegelbrennereien, sowie in Hochöfen, ist jedoch weder zur Bereitung von Leuchtgas noch von Koks zu benutzen.

Petrographie.

Einleitung.

Kommt ein Mineral oder ein Gemenge mehrerer Mineralien in so großen zusammenhängenden Massen vor, daß es an der Bildung der festen Erdrinde wesentlichen Anteil nimmt, so bezeichnet man es als Felsart oder Gestein. Beispiele liefern Kalkstein, Hornblendeschiefer (einfache Gesteine) — Granit, Syenit (gemengte Gesteine). Die Petrographie (πέτρα, Fels) hat die Aufgabe, die einzelnen Gesteine zu beschreiben sowie die Art ihres Auftretens, ihre Entstehungsweise und gegenseitigen Beziehungen zu erforschen. Zu der makroskopischen tritt als äußerst wichtiges Hilfsmittel die mikroskopische Untersuchung der Gesteine hinzu, wobei man von denselben Platten von so geringer Dicke (Dünnschliffe) anfertigt, daß sie im durchfallenden (gewöhnlichen oder polarisierten) Lichte unter dem Mikroskop betrachtet werden können. Durch die Anwendung dieser Methode hat die Kenntnis der Gesteine, namentlich ihrer Zusammensetzung aus verschiedenen Mineralien, außerordentliche Fortschritte gemacht.

Ursprüngliche und klastische Gesteine.

Man hat die Gesteine wohl eingeteilt in ursprüngliche und in Trümmergesteine; die ersteren sind gleichzeitig mit ihren Bestandteilen entstanden (Granit), die letzteren hingegen haben sich aus Bruchstücken bzw. Zersetzungsprodukten anderer Gesteine gebildet (Sandstein). Die Trümmergesteine nennt man auch klastische Gesteine (κλαστός, zerbrochen), die ursprünglichen im Gegensatz hierzu nichtklastische. Die letzteren bestehen meist aus deutlich kristallisierten oder kristallinischen unmittelbar miteinander verbundenen Mineralpartikeln und werden dann als kristallinische bezeichnet; nur wenige derselben sind ihrer Hauptmasse nach amorph und glasartig (Obsidian). Bei den Trümmergesteinen sind die einzelnen Teile durch ein Bindemittel verkittet oder unverbunden, lose. Einzelne Gesteine stehen gewissermaßen in der Mitte zwischen den klastischen

und ursprünglichen Felsarten, indem sie zwar aus der Wiedervereinigung von fein zerriebener Gesteinssubstanz hervorgegangen sind, jedoch auch neugebildete kleine Kristalle in bedeutender Menge beherbergen (Tonschiefer). Auch können durch gewisse äußere Einflüsse ursprünglich klastische Gesteine allmählich in kristallinische umgewandelt werden. Demnach läßt sich keine scharfe Grenze zwischen ursprünglichen bzw. kristallinischen und klastischen Gesteinen ziehen.

Massige und geschichtete Gesteine, Einteilung.

Als massige Gesteine bezeichnet man solche, deren Ausdehnung insofern eine regellose ist, als sie sich bei ihrer Entstehung dem Raume, in oder auf welchem sie sich bildeten, anpaßten bzw. denselben erfüllten, z. B. Granit. Sie werden auch eruptive Gesteine genannt, weil sie in einem weichen oder flüssigen, namentlich durch Schmelzung hervorgerufenen Zustande aus dem Erdinnern heraufgedrungen und dann erstarrt sind. Als Formen des Auftretens unterscheidet man bei ihnen Gänge, Stöcke (S. 95), Lager, Kuppen, Decken und Ströme. Die Kuppen, Decken und Ströme sind dadurch entstanden, daß die flüssige Masse sich an der Erdoberfläche ergoß.

Die eruptiven Gesteine lassen sich nach dem Orte ihrer Erstarrung in zwei Hauptgruppen teilen: plutonische oder Tiefengesteine und vulkanische oder Ergußgesteine. Erstarrte nämlich die geschmolzene Masse, aus welcher das Gestein hervorging, in der Tiefe der Erde, ohne deren Oberfläche zu erreichen, so entstanden die plutonischen oder Tiefengesteine (Granit, Syenit, Gabbro); fand hingegen die Erstarrung an der Erdoberfläche statt, ebenso wie dies noch jetzt bei der von den Vulkanen ergossenen Lava der Fall ist, so bildeten sich die vulkanischen oder Ergußgesteine (Porphyr, Trachyt, Melaphyr, Basalt). Hiermit hängt es zusammen, daß die Tiefengesteine vorwiegend Gänge und Stöcke, die Ergußgesteine hingegen Ströme, Lager, Decken und Kuppen bilden. Über die Struktur der Tiefen- und der Ergußgesteine s. unten.

Geschichtete oder sedimentäre Gesteine sind solche, welche durch parallellaufende Fugen oder sichtbare Absätze in einzelne weitausgedehnte Lagen geteilt sind, z. B. Sandstein (Mächtigkeit, Hangendes, Liegendes s. S. 94). Die Schichten liegen entweder horizontal oder sie sind unter einem mehr oder weniger großen Winkel gegen den Horizont geneigt. Die Richtung einer auf der Schichtungsfläche gezogenen horizontalen Linie gibt das Streichen, die Neigung der auf ihr in derselben Ebene errichteten senkrechten das Fallen der Schicht an.

Das Material, aus welchem sich die sedimentären Gesteine, wie Sandstein, Tonschiefer, gebildet haben, stammt von der Zerstörung älterer, bereits vorhandener Gesteinsmassen durch Verwitterung und die mechanische oder chemische Tätigkeit des Wassers her. Indem sich dasselbe in Form von feinem Sand, Schlamm usw. aus dem Wasser, namentlich der Meere, absetzte, entstanden allmählich die Schichten der genannten Gesteine. Weil das Wasser bei der Bildung derselben eine so wichtige Rolle spielte, pflegt man sie auch neptunische zu nennen. Doch rechnet man zu den sedimentären Gesteinen auch solche lockere oder lose Anhäufungen von klastischem Material (Blöcken bis staubfeinen Teilchen), bei deren Bildung bzw. Transport das Wasser, sei es flüssig oder als Eis, oder die bewegte Luft (unter Umständen beide) mitgewirkt haben. An diese echt klastischen Sedimente reihen sich solche an, welche sich hauptsächlich durch Ausscheidung von in Wasser gelösten Substanzen gebildet haben (Steinsalz, Gips, Kalkstein, letzterer vielfach entstanden unter der Mitwirkung von Organismen), endlich die Kohlen, welche pflanzlichen Ursprungs sind.

Im Gegensatz zu den sedimentären, deutlich klastischen, stehen gewisse, im allgemeinen ältere, ebenfalls meist schichtenförmig ausgebildete Gesteine, wie Gneis, Glimmerschiefer, welche hauptsächlich als die Grundlage der geologischen Formationen auftreten. Dieselben sind kristallinisch (nichtklastisch), wenngleich auch sie wenigstens zum Teil ursprünglich einer allmählichen Ablagerung bzw. Ausscheidung, also Sedimenten, ihre Entstehung verdanken. Anderseits nimmt man an, daß neben sedimentärem auch eruptives Gesteinsmaterial an der Bildung solcher Gesteine beteiligt sei. Wahrscheinlich handelt es sich um eine allmähliche Umwandlung von meist in großer Erdtiefe befindlichem sedimentärem oder eruptivem Gestein, zurückzuführen auf den gewaltigen, durch über- und seitlichgelagerte bzw. in Bewegung befindliche Massen ausgeübten Druck, sowie auf erhöhte Temperatur und die hierdurch verstärkte chemische Tätigkeit des in der Erde zirkulierenden Wassers. Letztere bewirkte eine Zersetzung bzw. Auflösung der verschiedenen Bestandteile und eine darauffolgende Kristallisation. Man faßt diese Gesteine unter dem Namen kristallinische Schiefer zusammen. Nach dem Gesagten werden sämtliche Gesteine in drei Gruppen eingeteilt: Eruptive Gesteine, Sedimentäre Gesteine, Kristallinische Schiefer.

Gemengteile.

Bei einem gemengten Gestein unterscheidet man wesentliche oder charakteristische und unwesentliche oder akzessorische Gemengteile. Wesentliche Gemengteile sind solche, welche regelmäßig an der Zusammensetzung

des betreffenden Gesteins teilnehmen, unwesentliche solche, welche nicht immer oder nur zuweilen und dann meist in untergeordneter Menge in demselben vorkommen. Wesentliche Gemengteile z. B. des Granits sind Orthoklas, Quarz und Glimmer, des Syenits Orthoklas und Hornblende. Akzessorisch treten im Granit manchmal Granat, Turmalin u. a., im Syenit Titanit auf. Nicht selten ist ein wesentlicher Gemengteil auf gewisse Strecken hin durch ein anderes Mineral ersetzt; ein solches bezeichnet man als stellvertretenden oder vikarierenden Gemengteil (Graphit statt Glimmer im Gneis). Als Mineralien, welche hauptsächlich an der Zusammensetzung der Gesteine teilnehmen, sind zu nennen:

1. Quarz;
2. Orthoklas, Mikroklin, Albit, Oligoklas, Labradorit, Anorthit;
3. Nephelin, Leucit;
4. Muskovit, Biotit;
5. Talk, Chlorit;
6. Hornblende, Augit, Diallag (eine nach dem Orthopinakoid feinschalig zusammengesetzte und deshalb vollkommen spaltbare Varietät des Augits), Enstatit, Hypersthen;
7. Olivin, Serpentin;
8. Granat, Dichroit, Epidot, Turmalin, Titanit, Zirkon, Apatit;
9. Hauyn, Nosean;
10. Magnet- und Titaneisenerz, Spat-, Rot- und Brauneisenstein;
11. Kalkspat, Dolomit, Gips, Anhydrit, Steinsalz;
12. Steinkohle, Braunkohle;
13. Eis.

Da in allen eruptiven Gesteinen Silikate die Hauptgemengteile bilden, so ist ihr Gehalt an Kieselsäure SiO_2 von besonderer Bedeutung. Derselbe schwankt im wesentlichen zwischen 40 und 78 %. Man nennt Gesteine mit über 65 % SiO_2 saure, solche mit 65—52 % intermediäre oder neutrale und solche, deren Gehalt an SiO_2 unter 52 % liegt, basische (allerdings nicht entsprechend der in der Chemie üblichen Bezeichnung der Salze). Diese Grenzen sind jedoch keine absoluten, indem die drei Gruppen allmählich und selbst bei der nämlichen Gesteinsart ineinander übergehen. In diesem Sinne gehören Granit, Quarzporphyr und Quarztrachyt zu den sauren Gesteinen, — Syenit, Diorit, quarzfreier Porphyr und Trachyt, Porphyrit und Andesit zu den intermediären, — Gabbro, Diabas, Melaphyr und Basalt zu den basischen. Ganz besonders wichtige Gemengteile sind die verschiedenen Feldspate (Orthoklas, Mikroklin und die Plagioklase). Der Gehalt der gemischten Plagioklase an Albit und Anorthit kann durch die optische Untersuchung derselben im Dünnschliff ermittelt werden, wobei

insbesondere die Bestimmung der Auslöschungsrichtungen auf den Spaltflächen 0 P und $\infty \breve{P} \infty$ von Wichtigkeit ist. Charakteristisch für die Plagioklase ist die im polarisierten Lichte unter dem Mikroskop deutlich hervortretende Zwillingsstreifung nach $\infty \breve{P} \infty$. Der Mikroklin erscheint gitterartig aus feinsten, parallelen oder sich kreuzenden Lamellen nach den am Albit bzw. Periklin herrschenden Zwillingsgesetzen aufgebaut. Da einerseits Orthoklas, anderseits die Plagioklase zu den wichtigsten Gemengteilen sehr verbreiteter Gesteine gehören, so kann man solche Gesteine auch als Orthoklas- bzw. Plagioklasgesteine bezeichnen.

Von der Art der Gemengteile bzw. der chemischen Zusammensetzung der Gesteine hängt natürlich auch die Färbung derselben ab. Gesteine, welche reich an Kieselsäure, Tonerde und Alkalien sind, erscheinen im allgemeinen hell gefärbt (z. B. Granit mit Quarz und Orthoklas), solche hingegen, in welchen neben Kalk und Magnesia Eisen eine größere Rolle spielt, sind dunkel (z. B. Basalt mit Augit und Magneteisenerz). Der dunkeln Färbung entspricht ein höheres, der lichten ein geringeres spezifisches Gewicht der betreffenden Gesteine (bei Basalt 2,7—3,3, bei Granit 2,6—2,7).

In den durch Erstarrung aus einer geschmolzenen Masse, dem sog. Magma, entstandenen eruptiven Gesteinen findet sich häufig neben den einzeln ausgebildeten kristallinischen Gemengteilen eine glasige, amorphe Substanz (Glasbasis), welche den zuletzt erstarrten Rest des Magmas darstellt. Bei rascher Erstarrung kann das Gestein zum großen Teil, ja sogar vollständig aus glasiger Substanz bestehen (Obsidian).

Struktur.

Die Struktur oder das Gefüge der Gesteine ist abhängig von der Gestalt, Größe, gegenseitigen Lage und Art der Verbindung ihrer Bestandteile. Dabei sind die letzteren der Hauptsache nach entweder schon makroskopisch deutlich sichtbar oder man erkennt sie mit bloßem Auge nicht; darnach bezeichnet man die Gesteine als makroskopisch phaneromer (φανερός, deutlich; μέρος, Teil) oder kryptomer (κρυπτός, verborgen), im letzteren Falle auch als dicht.

Bei Anwendung des Mikroskops kann man jedoch auch bei dichten Gesteinen meist die einzelnen Bestandteile erkennen, das betreffende Gestein ist dann mikroskopisch phaneromer. Nur selten gibt auch die mikroskopische Untersuchung keinen sichern Aufschluß.

Die einzelnen Gemengteile der kristallinischen Gesteine zeigen entweder eine regelmäßige Begrenzung durch ebene Flächen, in welchem Falle man sie idiomorph (eigengestaltig) nennt, oder sie sind unregelmäßig begrenzt

allotriomorph (fremdgestaltig). Im ersteren Falle konnten sie sich in einer noch nachgiebigen Masse entwickeln, im letzteren wurden sie durch andere schon vorhandene oder gleichzeitig sich bildende Körper in der ihnen eigentümlichen Formausbildung gestört, auch wohl durch spätere chemische oder mechanische Einwirkung umgeformt. Häufig sind ursprünglich idiomorphe Gemengteile eruptiver Gesteine durch eine nachträglich stattgefundene auflösende (korrodierende) Einwirkung des noch flüssigen Magmas umgestaltet, sie zeigen dann eine eigentümliche lappige Umgrenzung mit rundlichen Einbuchtungen. Manche Gemengteile, die in bewegtem Magma schwebten, verloren auch ihre Form durch Zerbrechen, zuweilen erscheinen sie auch gleichsam in mehrere Teile zerrissen. Daß die Gemengteile der klastischen Gesteine meist allotriomorph sind, ist leicht zu verstehen, da solche Bestandteile ja mechanisch zerstörte bzw. veränderte Gemengteile anderer Gesteine darstellen.

Gleichartige oder ungleichartige Gemengteile kristallinischer Gesteine können eine nahezu gleiche oder auch eine verschiedene Größe besitzen. Im allgemeinen wird man annehmen können, daß eine bedeutendere Größe gegenüber den kleineren Bestandteilen auf eine frühere Ausscheidung bzw. eine längere Dauer des Wachstums der betreffenden Teile hindeutet. Auch die gegenseitige Lage und der Verlauf der gemeinsamen Grenze zwischen sich berührenden Teilen ermöglicht einen Schluß auf die zeitliche Reihenfolge in der Ausscheidung der verschiedenen Bestandteile eruptiver Gesteine. Bei Kristallisationen aus dem Schmelzflusse umschließen sich häufig die verschiedenen Substanzen, wobei natürlich das eingeschlossene Material älter ist als das umschließende. Oft sind auch Teile des Magmas von wachsenden Kristallen umschlossen und darin als Glas erstarrt. Sehr verbreitet sind endlich, wie die mikroskopische Untersuchung gezeigt hat, in den Mineralien eruptiver und sedimentärer Gesteine Einschlüsse von Flüssigkeiten (wässerige Salzlösungen, in Quarzen flüssiges Kohlendioxyd) von rundlicher oder länglicher, schlauchähnlicher Form, desgleichen von Gasen. Kristallisierte Gemengteile, welche die Form von Blättchen oder dünnen Prismen bzw. Nadeln besitzen, können entweder in annähernd paralleler Lage oder ganz verschieden gerichtet auftreten. Ein solcher Gegensatz zeigt sich z. B. deutlich in Betreff der Glimmerblättchen im Gneis und im Granit.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Kenntnis der Struktur bei den kristallinischen Gesteinen. Man unterscheidet bei denselben hauptsächlich:

1. Körnige Struktur: Kristallinische Körner oder Blättchen von ungefähr gleichmäßiger Größe sind regellos und ohne bestimmte Anordnung miteinander verbunden; nach der Größe der Individuen unterscheidet man grob-, mittel- und feinkörnig. Die körnige Struktur kann bei dichten Gesteinen auch erst unter dem Mikroskop hervortreten. Sie findet sich be-

sonders bei den in der Erdkruste als große Massen erstarrten eruptiven Gesteinen, also den Tiefengesteinen, z. B. bei Granit und besonders ausgesprochen bei manchen Gabbros; doch liefert auch der Marmor ein gutes Beispiel dieser Struktur. Bei den eruptiven Gesteinen deutet die gleichmäßig-körnige Struktur auf eine ungestörte und gleichmäßige Erstarrung des Magmas hin, welche wahrscheinlich sehr lange angedauert hat. Manchmal zeigen gewisse Bestandteile eine mehr oder weniger deutliche kristallographische Begrenzung, wie die Feldspate im Granit. An die körnige Struktur schließt sich die sog. ophitische oder Intersertalstruktur (s. Fig. 192) an, bei welcher zwischen gewissen, im Dünnschliff strahlen- oder balkenartigen Gemengteilen (Leisten von Plagioklas), welche verschieden gerichtet sind und gleichsam ein Gerüst bilden, andere Körper (wie Augit, auch Glassubstanz) wie eingeklemmt liegen. Eine solche Struktur weist im allgemeinen darauf hin, daß die das Gerüst bildenden Leisten vor der die Zwischenräume ausfüllenden Masse zur Kristallisation bzw. Erstarrung gelangten; sie ist besonders charakteristisch für basische Eruptivgesteine, wie Diabas und Basalt. Die ophitische Struktur kann mit der körnigen durch Übergänge verbunden sein.

2. Porphyrische Struktur: In einer dem bloßen Auge gleichartig erscheinenden Grundmasse liegen größere Kristalle, Körner oder Blättchen eines oder mehrerer Mineralien (Einsprenglinge) unregelmäßig zerstreut (s. Fig. 191). Die feinkristallinische, auch wohl mehr oder weniger amorphe (glasige) Grundmasse, welche manchmal selbst unter dem Mikroskop keine deutlichen Einzelindividuen erkennen läßt, ist meist als ein Gemenge derselben Mineralien oder Substanzen zu betrachten, welche als Einsprenglinge darin auftreten. Porphyrische Struktur findet sich namentlich bei an der Erdoberfläche erstarrten eruptiven Gesteinen, den Ergußgesteinen (Porphyr, Trachyt), aber u. a. auch am Rande von in Form von Stöcken erstarrten Tiefengesteinen. Die in den porphyrischen Gesteinen auftretenden Einsprenglinge sind als die ersten Produkte des Festwerdens der feurigflüssigen Gesteinsmasse zu betrachten, die Grundmasse erstarrte erst später. Man nimmt an, daß die Einsprenglinge in den Ergußgesteinen bereits in der Erdtiefe entstanden, während die Grundmasse erst in der Zeit nach dem Emporsteigen des Magmas auf die Erdoberfläche erstarrte.

Es sei hier auch eine, besonders bei vulkanischen (porphyrischen) Gesteinen auftretende Struktur erwähnt, bei welcher sich gewisse, namentlich nadel- oder tafelförmige Bestandteile, auch wohl Körnchen, staubartige Teilchen oder verschiedenfarbige Glassubstanz in einer Form aneinanderreihen oder ordnen, welche einer Strömung in einer fließenden Masse entspricht. Während der Bewegung dieser Stränge oder Ströme, welche sich

hin und her winden und oft größere Kristalle umfließen, erstarrte (oft glasig) das sie umgebende Magma; es ist gewissermaßen eine versteinerte Flußerscheinung. Man bezeichnet diese Struktur deshalb als Fluidal- oder Fluktuationsstruktur (s. Fig. 195). Meist ist dieselbe nur mikroskopisch ausgebildet, doch beobachtet man sie zuweilen auch schon makroskopisch.

3. Schieferige Struktur: Alle oder einzelne Bestandteile, welche nach einer Fläche vorwiegend ausgebildet sind, erscheinen mit dieser nach einer bestimmten Richtung gelagert, nach welcher sich das Gestein infolgedessen auch mehr oder weniger vollkommen spalten läßt. Die parallel angeordneten Individuen bestehen hauptsächlich aus Tafeln oder Blättchen von Glimmer, Chlorit und Talk (Gneis, Glimmerschiefer, Chloritschiefer), können aber auch (in gewissen Eruptivgesteinen) tafelförmig ausgebildete Kristalle von Feldspat, Augit u. a. sein. Die schieferige Struktur ist namentlich den kristallinischen Schiefern, dann auch gewissen sedimentären (klastischen) Gesteinen eigen (Tonschiefer, Grauwackenschiefer); doch tritt sie, wie bemerkt, zuweilen auch bei Eruptivgesteinen auf. Über transversale oder Druckschieferung s. unten.

4. Mandelsteinstruktur: In einer anscheinend gleichartigen, aus dem Schmelzflusse erstarrten Grundmasse befinden sich zahlreiche mandelförmige (ursprünglich mit Gas erfüllte) Hohlräume (Blasenräume), welche später durch Eindringen wässeriger Lösungen zum Teil oder ganz mit fremdartiger Mineralsubstanz ausgefüllt wurden (Melaphyrmandelstein).

5. Oolithische Struktur: Das Gestein besteht aus kleinen, hirsekorn- bis erbsengroßen, kugeligen Körnern, welche durch eine feinkörnige oder dichte Masse verbunden sind. Die Körner besitzen eine feinkristallinische, teils konzentrisch-schalige, teils radial-faserige Struktur (Rogenstein). Die oolithische Struktur tritt nur an solchen Gesteinen auf, welche sich aus Wasser abgesetzt haben. —

Die Trümmergesteine mit verkitteten Bestandteilen bezeichnet man als Konglomerate, wenn die einzelnen Bruchstücke abgerundet, — als Breccien, wenn dieselben scharfkantig und eckig sind. Da aber oft beiderlei Fragmente im nämlichen Gestein nebeneinanderliegen, so lassen sich Konglomerat und Breccie nicht immer scharf trennen. Tuffe sind solche Trümmergesteine, welche aus durch vulkanische Eruptionen geliefertem Material (Asche usw.) oder aus bis aufs feinste zerriebenem, mehr oder weniger umgewandeltem und wieder verbundenem Gesteinsschutt bestehen. Die Sandsteine sind aus eckigen oder rundlichen Quarzkörnern zusammengesetzt, welche durch irgendein Zement (Bindemittel) verbunden sind.

Nach der Entstehung eines Gesteins wurde dasselbe oft infolge der Erkaltung oder des Austrocknens und der dadurch bewirkten Verringerung

des Volumens von Sprüngen oder Rissen (Klüften) durchzogen und dadurch in regelmäßig oder unregelmäßig gestaltete Stücke geteilt. Dies bezeichnet man als Absonderung. Wichtige Arten der regelmäßigen Absonderung sind die säulenförmige (Basalt, Porphyr), die kugelförmige (Diabas, Basalt), die plattenförmige (Porphyr, Phonolith) und die quaderförmige (Sandstein). Die verschiedenen Arten der Absonderung treten meist infolge der Verwitterung der Gesteine noch deutlicher hervor.

Als eine Art von Absonderung kann auch die sog. Druckschieferung (transversale oder „falsche" Schieferung) betrachtet werden, welche besonders beim Tonschiefer (Dachschiefer) auftritt. Dieselbe ist auf die Wirkung eines durch Massenverschiebung innerhalb der Erdkruste hervorgebrachten gewaltigen Druckes, verbunden mit der Faltung der Gesteinsschichten, zurückzuführen. Dadurch hat das betreffende gepreßte Gestein eine deutliche Spaltbarkeit nach parallelen Ebenen angenommen, welche senkrecht zur Richtung des jedesmaligen Druckes liegen. Die Flächen der Schieferung fallen im allgemeinen nicht mit denjenigen der Schichtung zusammen. Daß es sich hier in der Tat um die Wirkung eines großen Druckes handelt, wurde durch analoge Versuche bewiesen, welche mit weichen Massen, wie Ton, angestellt wurden; in letzteren konnte so ebenfalls eine Schieferung künstlich hervorgerufen werden.

Übersicht über die einzeln zu besprechenden Gesteine.

A. Eruptive Gesteine.

a. Plutonische (Tiefengesteine).	b. Vulkanische (Ergußgesteine).
Granit.	Porphyr.
Syenit.	Trachyt, Phonolith.
Diorit.	Porphyrit, Andesit.
Gabbro.	Diabas, Melaphyr, Basalt.
	(Obsidian, Pechstein, Lava.)

B. Sedimentäre Gesteine.

a. Klastische Sedimente (verkittet oder lose).	b. Ausscheidungssedimente (als Anhang: Kohlen).	
Sandstein, Grauwacke.	*Steinsalz.	*Kieselsinter.
Konglomerate, Breccien.	*Gips.	*Spat-, Rot- und Brauneisenstein.
Blöcke, Gerölle, Sand.	*Anhydrit.	
Tuffe.	*Kalkstein.	*Eis.
Tonschiefer.	*Dolomit.	*Stein- und Braunkohle.
Ton, Lehm, Mergel, Löß.	*Kieselschiefer.	

C. Kristallinische Schiefer.

Gneis.
Granulit.
Glimmerschiefer.
Phyllit.
*Hornblendeschiefer.
*Chloritschiefer.
*Talkschiefer.
*Serpentin.
*Magneteisenerz.

Die einfachen, also ganz oder im wesentlichen nur aus einem Mineral bestehenden Gesteine sind hier mit * bezeichnet.

A. Eruptive Gesteine.

Die plutonischen Gesteine unterscheiden sich von den vulkanischen im wesentlichen durch die Art der Entstehung, auch durch die Struktur. Deshalb entsprechen im allgemeinen den einzelnen Gliedern der ersteren solche der zweiten Abteilung; beiderlei Gesteine stellen in der Hauptsache das gleiche oder ein ähnliches Mineralgemenge dar. So entspricht dem Granit der quarzhaltige Porphyr (Quarzporphyr) nebst dem Quarztrachyt, dem Syenit der quarzfreie Orthoklasporphyr und der eigentliche (quarzfreie) Trachyt, dem Gabbro der Diabas nebst den damit nahe verwandten Gesteinen Melaphyr und Basalt. Aus dem über die Bildung der Eruptivgesteine (S. 201) Gesagten läßt sich übrigens leicht verstehen, daß eine scharfe Grenze zwischen plutonischen und vulkanischen Gesteinen nicht zu ziehen ist, indem je nach den bei ihrer Bildung bzw. bei der Erstarrung des Magmas herrschenden Verhältnissen (Dauer der Erstarrung, Tiefe des betreffenden Ortes in der Erdrinde, Masse des Gesteins und Gestalt des davon erfüllten Raumes) Übergangsformen entstehen können. So können plutonische Gesteine gewissermaßen in vulkanische übergehen bzw. eine deutliche porphyrische Struktur aufweisen (s. S. 206). Solche Übergänge treten namentlich bei stock- oder gangförmig erstarrten Gesteinsmassen auf.

Früher teilte man die vulkanischen Gesteine in ältere (vortertiäre) und jüngere (tertiäre und quartäre) ein; zu den ersteren rechnete man Porphyr, Porphyrit, Diabas, Melaphyr, zu den letzteren Trachyt, Phonolith, Andesit, Basalt, sowie die verschiedenen Arten der Lava. Indessen läßt sich diese zeitliche Abgrenzung, welche sich auf das Auftreten der genannten Gesteine in den verschiedenen geologischen Perioden in Deutschland (Devon, Karbon, Perm einerseits und Tertiär anderseits) stützt, für andere Länder nicht durchführen. Ein wirklicher Unterschied zwischen vulkanischen Gesteinen älterer und jüngerer Bildung bei entsprechender Mineralzusammensetzung besteht eigentlich nur insofern, als die älteren vielfach weniger im ursprünglichen Zustande erhalten blieben bzw. mehr

verwittert sind als die jüngeren. Man kann also nicht sagen, daß bestimmte Arten von vulkanischen Eruptivgesteinen hinsichtlich ihres Auftretens an bestimmte geologische Formationen gebunden seien. Letzteres gilt auch für das Auftreten der plutonischen Gesteine, wie des Granits, welche ebensowohl älterer wie jüngerer Entstehung sein können. Indes erscheint es doch nach dem Gesagten gerechtfertigt, in bezug auf deutsche Verhältnisse von älteren und jüngeren vulkanischen Gesteinen zu reden, wodurch dann zugleich der Erhaltungszustand der betreffenden Gesteine bezeichnet ist.

Im folgenden werden von den plutonischen und den vulkanischen Felsarten je nach dem vorherrschenden Feldspat jedesmal zuerst die Orthoklas- und dann die Plagioklasgesteine besprochen.

1. Granit.

Fein- bis grob- und großkörniges Gemenge von Feldspat (Orthoklas, Mikroklin, Oligoklas), Quarz und Glimmer. Der meist vorherrschende Orthoklas erscheint in Kristallen und kristallinischen Körnern; er ist weiß, rötlich bis fleischrot, graulich, gelblich. Neben ihm tritt oft Mikroklin auf, sowie fast stets (in geringerer oder größerer Menge) Oligoklas. Der Quarz bildet meist eckige Körner, selten Kristalle ($\pm$R); graulichweiß bis grau. Der in Tafeln und Blättchen auftretende, regellos verteilte und gelagerte Glimmer ist am häufigsten brauner bis schwarzer Biotit, oft auch Muskovit von silberweißer bis grauer, bei der Verwitterung ins Gelbliche und Braune übergehender Farbe. Der sog. Zweiglimmergranit enthält beide. In manchen, namentlich den biotithaltigen Graniten, tritt auch Hornblende als wesentlicher Gemengteil auf. Wohl stets erscheinen mikroskopische Prismen von Apatit und Körnchen von Magneteisenerz. — Als akzessorische Gemengteile enthält der Granit u. a. zuweilen noch schwarzen Turmalin, roten Granat (2O2; 2O2 · ∞O).

Je nach der Farbe des Feldspats und Glimmers erscheint der Granit rötlich oder grau gefärbt. Man unterscheidet fein-, mittel- und grobkörnigen Granit; nur der mittelkörnige verbreitet sich über große Flächen. Der grobkörnige enthält häufig bis kopfgroße Partien von Orthoklas und Quarz sowie große Tafeln von Muskovit; man nennt ihn dann auch Pegmatit: Penig (Sachsen), Michelsdorf (Schlesien), Bodenmais, Schweden, Ural. Der sog. Schriftgranit besteht aus vorherrschenden, großen Individuen von Kalifeldspat, welche von vielen parallel gelagerten langgestreckten Quarzprismen durchwachsen sind, und zeigt auf Bruchflächen, senkrecht zu denselben schriftähnliche Zeichen: Bodenmais, Ilmenau, Tharandt, Mursinsk im Ural. Umschließt der sonst gleichmäßig körnige Granit einzelne größere (ringsum ausgebildete) Orthoklaskristalle, so erhält er eine porphyr-

artige Struktur: Karlsbad, Fichtelgebirge, Schwarzwald. Der Granitit (Biotitgranit) besteht aus Orthoklas, dabei viel Oligoklas, Biotit und wenig Quarz: Brixen in Tirol, Brocken im Harz, Baveno. Der Protogin, ein infolge von Gebirgsdruck durch Verbiegung, Zertrümmerung und Verschiebung der Gemengteile in seiner Struktur veränderter und gneisähnlich gewordener, auch in seinem Mineralbestande modifizierter Granit, enthält einen ölgrünen Glimmer (Serizit): St. Gotthard. Der Pegmatit beherbergt oft schön kristallisierte Mineralien (Turmalin Topas, Beryll, Apatit u. a.).

Der sog. Granitporphyr, welcher in Form von Gängen in Begleitung großer Granitmassen auftritt, enthält in einer mittel- bis feinkörnigen, seltener dichten, hauptsächlich aus Orthoklas und Quarz bestehenden Grundmasse Einsprenglinge dieser Mineralien, auch von Plagioklas, Glimmer u. a. (Vogesen, Odenwald, Erzgebirge, Elba).

Der Granit ist ein echt eruptives, sehr verbreitetes und massenhaft vorkommendes Gestein, bildet ganze Gebirge, tritt aber wohl noch mehr gleichsam inselartig in Decken und Kuppen, auch in hohen Bergen zwischen andern Gesteinen hervor oder durchsetzt dieselben in mächtigen Stöcken und Gängen. Die sog. Granitinseln mit einem Durchmesser von nur wenigen Meilen bilden die häufigste Form, in welcher der Granit aufzutreten pflegt; sie sind höchst wahrscheinlich als Granitstöcke zu erklären, welche unterirdisch erstarrten und erst später durch den Einfluß des Wassers und der Verwitterung von den sie bedeckenden andersartigen Gebirgsmassen entblößt wurden. Die Felsmassen des Granits zeichnen sich oft durch seltsame, phantastische Formen aus. In Deutschland kommt er besonders vor im Harz, Thüringer Wald, Fichtel- und Riesengebirge, im Oden- und Schwarzwald. Ferner erscheint er z. B. in den Alpen (St. Gotthard und Montblanc), in England, Schweden und Finland, in den Pyrenäen, im Ural und in Nordamerika. Viele der über die norddeutsche Ebene zerstreuten erratischen Blöcke (s. unten) bestehen aus Granit.

Der feldspatreichere Granit verwittert ziemlich leicht und gibt einen durch Reichtum an Ton und Kali gewöhnlich sehr fruchtbaren Boden. Andere Granitvarietäten widerstehen der Verwitterung sehr lange.

Der Granit dient als Baumaterial, Straßenpflaster, zur Herstellung von Säulen und Denkmälern.

2. Syenit.

Meist mittel- oder großkörniges Gemenge von fleischrotem, grauem oder weißem Orthoklas und schwarzer oder grünlich-schwarzer Hornblende; der erstere tritt in kristallinischen Körnern, die Hornblende in kurzsäulenförmigen Individuen auf. Häufig herrscht der Orthoklas, selten die Horn-

blende vor, was die Gesamtfarbe des Gesteins bedingt. In der Regel erscheint neben Orthoklas noch Oligoklas, zuweilen treten auch Körnchen von Quarz und häufig Biotitblättchen hinzu. Dann entsteht wohl ein dem hornblendehaltigen Granit sich näherndes oder in denselben übergehendes Gestein. Wenn die mittel- oder feinkörnige Syenitmasse größere Orthoklaskristalle umschließt, so entsteht ein porphyrartiger Syenit. — Akzessorisch erscheint häufig Titanit, auch Zirkon, Granat, Magneteisenerz. Das letztere tritt sogar an manchen Punkten in mächtigen und ausgedehnten Stöcken und Lagern im Syenit auf (Ural).

Der Syenit kommt unter ganz ähnlichen Verhältnissen, jedoch weniger häufig vor wie der Granit; er bildet selten hohe Berge, meist Kuppen, Stöcke und Gänge. Manchmal treten Granit und Syenit so nebeneinander auf, daß man ihre gleichzeitige Bildung erkennen kann. Vorkommen: Plauenscher Grund in Sachsen, Thüringer Wald, Odenwald, Mähren, Piemont, Bulgarien.

Als Syenite bezeichnet man auch Gesteine, welche vorwiegend aus Orthoklas (mit Plagioklas) und Augit oder Biotit bestehen und belegt sie im Gegensatze zum obigen eigentlichen Syenit mit den Namen Augit- bzw. Biotitsyenit. Wesentlich aus Kalifeldspat und Eläolith (Nephelin) besteht der quarzfreie Eläolithsyenit.

Der Syenit verwittert noch leichter als der Granit. Er findet ähnliche Verwendung wie dieser, wird jedoch für Bauwerke und Monumente häufig vorgezogen.

3. Diorit.

Grob- bis feinkörniges Gemenge von meist weißem Plagioklas (Oligoklas, Labradorit, Anorthit) und Hornblende von grünlicher, graulich- oder schwärzlich-grüner Farbe, zu welchen manchmal Quarz, auch Augit kommt (Quarzdiorit, augitführender Diorit). In vielen Dioriten wird die Hornblende mehr oder weniger durch Biotit vertreten (Glimmerdiorit). — Akzessorisch treten auf: Apatit, Magneteneisenerz, Titanit.

Der Diorit besitzt keine sehr große Verbreitung und bildet gewöhnlich vereinzelte Kuppen und kleine Hügelzüge, Stöcke und Gänge in kristallinischen Schiefern und im Granit. Er kommt unter anderem vor im Thüringer Wald (Ilmenau), im Odenwald, in Böhmen, Tirol, in den Vogesen, auf Korsika, im Ural.

Die an den Diorit sich anschließenden, in Form von Gängen auftretenden Dioritporphyrite enthalten in einer feinkörnigen bis dichten, wesentlich aus Plagioklas (daneben Orthoklas), oft auch Quarz bestehenden Grundmasse Einsprenglinge von Plagioklas, Hornblende (oder Augit), Biotit, auch wohl von Quarz (östliche Alpen).

Der Diorit findet Verwendung als Baumaterial.

4. Gabbro.

Fein- bis grobkörniges Gemenge von weißlich-grauem oder bläulich-violettem Labradorit (seltener Anorthit) mit braunem, grauem oder unrein grünem Diallag; letzterer in tafelartigen Kristallen oder blätterigen Individuen mit metallartigem Perlmutterglanz auf den Spaltungsflächen ∞ P̄ ∞. Die Diallagtafeln werden mitunter an ihren Rändern von einer grünlichen, braunen oder schwärzlichen Hornblenderinde umzogen, was besonders unter dem Mikroskop deutlich zu beobachten ist. Sehr häufig enthält das Gestein neben Labradorit und Diallag als wesentlichen Gemengteil noch Olivin (Olivingabbro). — Akzessorisch treten auf: Hornblende, Biotit, Magneteisenerz, Quarz, Apatit.

Der Gabbro erscheint besonders in mächtigen Stöcken und in Gängen im Granit und namentlich in älteren und jüngeren geschichteten Gesteinen: Neurode in Schlesien, Radautal im Harz, Schwarzwald, Odenwald, im südlichen Wallis, Norditalien, Norwegen, England, Nordamerika. Oft ist das Gestein von Serpentin, einem Umwandlungsprodukt desselben, begleitet.

In naher Beziehung zum Gabbro steht der Norit, ein aus Plagioklas (Labradorit, Anorthit) und Enstatit oder Hypersthen bestehendes körniges Gestein. Dasselbe kann, wie der Gabbro, olivinfrei und olivinhaltig sein. Der Norit tritt ähnlich auf wie Gabbro: Klausen in Tirol, England, Norwegen, Staat New York.

5. Porphyr.

In einer dichten Grundmasse (sog. Felsitmasse), welche sich oft selbst bei starker Vergrößerung unter dem Mikroskop nicht in einzelne Individuen auflöst (S. 206) und als ein Gemenge von Quarz und Orthoklas betrachtet wird, liegen Einsprenglinge von Quarz und Orthoklas (Quarzporphyr) oder nur von Orthoklas (Felsitporphyr). Felsitporphyre sind bei weitem nicht so verbreitet wie Quarzporphyre. Die Grundmasse enthält zuweilen noch etwas Glassubstanz; sie ist sehr verschieden gefärbt: rot, violett, grün, grau, gelblich, braun. Der Quarz tritt in Körnern oder in vollständig ausgebildeten Kristallen (± R, seltener ± R · ∞ R) auf; die Kristalle besitzen meist rauhe Flächen sowie abgerundete Kanten und Ecken. Auch der Orthoklas findet sich sowohl in Kristallen als in unregelmäßig begrenzten Individuen; die Kristalle sind teils einfach teils Zwillinge nach ∞ P̄ ∞. Der Quarz erscheint, namentlich im Dünnschliff, vollkommen durchsichtig — der Orthoklas meist durchscheinend bis undurchsichtig, in der Regel heller gefärbt wie die Grundmasse: gelblich oder graulich-weiß, fleischrot. In manchen Quarzporphyren findet sich neben Orthoklas Oligoklas ausgeschieden; oft enthalten sie auch Biotit. In diesem Falle stellt das betreffende Gestein eine porphyrische

Ausbildung der dem Granit entsprechenden Mineralkombination dar (vgl. auch den gangförmigen Granitporphyr).

Fig. 191 stellt einen Quarzporphyr von Halle im Dünnschliff bei 25facher Vergrößerung dar; die Quarzeinsprenglinge sind mit Q bezeichnet, neben ihnen erscheinen weißliche und rötliche Individuen von Orthoklas. An manchen Stellen dringt die Grundmasse zungenförmig in den ausgeschiedenen Quarz und Orthoklas ein.

Infolge beginnender oder stärkerer Verwitterung verliert die Grundmasse an Festigkeit und wird zuletzt weich und locker, sie riecht dann beim Anhauchen stark nach Ton. Häufig durchziehen gemeiner Quarz, Hornstein und Karneol in Streifen den Porphyr, oder es sind Hohlräume in demselben mit Bergkristall, Amethyst, Achat und Flußspat ausgekleidet.

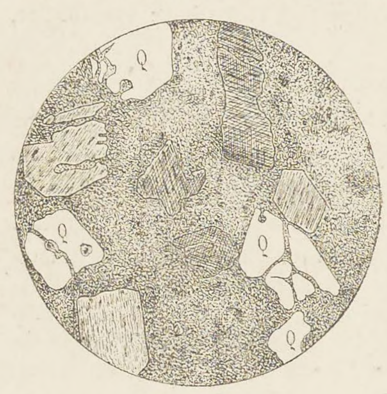


Fig. 191.

Der Porphyr gehört nächst dem Granit zu den verbreitetsten eruptiven Gesteinen; als echtes Ergußgestein tritt er vielfach in Decken und Lagern von bedeutender Ausdehnung auf, doch erscheint er auch sehr häufig in mächtigen Gängen im Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Tonschiefer und Sandstein; er bildet einzelne Berge und Bergreihen: Sachsen, Thüringer Wald, Schwarzwald, Odenwald, Tirol, Vogesen, am Luganer See, südliches Norwegen, Schweden. Die Porphyrberge zeigen die Form steiler, hoher Kegel, welche in schmalen Rücken oder scharfen, zackigen Kämmen endigen. Ihre Felsmassen gleichen, aus der Ferne gesehen, oft alten Türmen oder verfallenen Burgen (Rheingrafenstein bei Kreuznach, Giebichenstein bei Halle).

Der Porphyr wird als Baumaterial sowie zur Verfertigung von Säulen und Bildhauerarbeiten benutzt. Liefert bei der Verwitterung einen fruchtbaren Boden.

Als quarzfreien Orthoklasporphyr bezeichnet man ein Gestein, welches in einer kristallinischen, vorwiegend aus Orthoklas bestehenden Grundmasse Einsprenglinge desselben Minerals und von Oligoklas, daneben nur spärlich Biotit, Hornblende oder Augit enthält. Dasselbe tritt namentlich in Form von Gängen, auch von Strömen und Decken auf (Thüringen). Dieses Gestein stellt die vulkanische Ergußform der den Syeniten entsprechenden Mineralkombinationen dar. Es unterscheidet sich von dem eigentlichen (quarzfreien) Trachyt (s. unten) wesentlich nur durch sein höheres Alter und den hierdurch bedingten weniger frischen Zustand, dem es seine häufige rote bis braune Farbe verdankt. In derselben Beziehung steht der Quarzporphyr zu dem jüngeren Quarztrachyt oder Liparit.

Hier sei noch die Minette[1] erwähnt, welche vorwiegend in Form von Gängen von geringer Mächtigkeit auftritt (so im Granit und Gneis). In einer dichten, grauen oder rötlich- bis schwärzlich-braunen Grundmasse, welche hauptsächlich aus Orthoklas und Biotit (dabei Augit und Hornblende) besteht, liegen als Einsprenglinge Schuppen oder Tafeln von Biotit, daneben Kristalle von Orthoklas und Hornblende. Minette erscheint u. a. in den Vogesen, im Schwarzwald, Odenwald, im nördlichen England. Sie verwittert leicht.

6. Trachyt.

Der Trachyt (τραχύς, rauh) besitzt eine feinkörnige bis dichte, rauhe, etwas poröse Grundmasse von gelblicher, grauer, rötlicher oder weißer Farbe; dieselbe besteht neben in wechselnder Menge auftretender glasiger Substanz wesentlich aus Sanidin (Sanidintrachyt, eigentlicher Trachyt) oder aus Sanidin und Quarz (Quarztrachyt, Liparit, Rhyolith). Die in der Grundmasse enthaltenen Mineralien nebst Oligoklas treten auch als kleinere oder größere Einsprenglinge darin auf, wodurch der Trachyt eine porphyrische Struktur erhält. Die häufig großen eingesprengten Sanidinkristalle sind einfach oder Zwillingskristalle nach $\infty \bar{P} \infty$; die Oligoklase sind kleiner und von weißer Farbe, oft direkt an der Zwillingsstreifung nach $\infty \breve{P} \infty$ zu erkennen. Außer den genannten Hauptgemengteilen erscheinen: Hornblende in schwarzen Prismen oder Nadeln, Biotit in Blättchen, Augit, Magneteisenerz in Kriställchen und Körnchen. In vielen Trachyten wird Tridymit nicht allein als Ausscheidung in Drusenräumen, sondern auch als Gemengteil der Grundmasse beobachtet.

Die Trachyte treten öfters in großen Massen auf, sie gleichen — ebenso wie Andesit, Phonolith und Basalt — in ihren Lagerungsverhältnissen in vieler Hinsicht den noch gegenwärtig entstehenden Laven. Die Hauptformen ihrer Berge sind steile Kegel, stumpfe Dome und Längsrücken. Als Orte ihres Vorkommens seien erwähnt: 1) Sanidintrachyt: Drachenfels, Perlenhardt und Lohrberg im Siebengebirge, Hohenburg bei Berkum (lieferte Baumaterial zum Kölner Dom), Kelberg in der Eifel, Westerwald, Karpathen in Ungarn und Siebenbürgen, Puy de Dome in der Auvergne, Mont Dore; 2) Liparit: Ungarn und Siebenbürgen, auf den Liparen, auf Island.

Der Trachyt dient als Baumaterial, unterliegt jedoch meist ziemlich rascher Verwitterung.

7. Phonolith.

Dichte, höchst feinkristallinische Masse von bräunlicher, gelblich- oder grünlich-grauer Farbe, als deren Bestandteile die mikroskopische Untersuchung

---

[1] Nicht zu verwechseln mit dem gleichnamigen Eisenerz (S. 145).

Sanidin, Nephelin, Augit, Nosean und Magneteisenerz ergeben hat. Besitzt eine große Neigung zu dünnplattiger Absonderung; die Platten klingen beim Anschlagen hell (Klingstein — φωνή, Ton; λίθος, Stein). Schmilzt vor dem Lötrohr leicht. Oft mit größeren Einsprenglingen von Sanidin, auch wohl von Hornblende und Nosean (porphyrischer Phonolith). Der Phonolith entspricht als jüngeres vulkanisches Gestein dem Eläolithsyenit (S. 212). Als Leucitphonolith bezeichnet man ein namentlich in der Umgebung des Laacher Sees auftretendes Gestein, welches Leucit als wesentlichen, den Nephelin mehr oder weniger ersetzenden Gemengteil enthält. — Akzessorisch erscheint namentlich Titanit in kleinen honiggelben Kristallen und Körnern, ferner Biotit in Blättchen. Auf Adern oder in Hohlräumen treten Zeolithe (Natrolith, Chabasit, Analcim) auf.

Der Phonolith erscheint häufig zusammen mit Basalt in Form hoher Bergkegel, auch von Decken und Strömen sowie von Stöcken und Gängen: Böhmisches Mittelgebirge (Teplitz, Aussig), Lausitz, Rhöngebirge, Hegau, Kaiserstuhl, Auvergne. Manchmal zeigt er säulenförmige Absonderung.

Bedeckt sich infolge der Verwitterung mit einer weißen Rinde und liefert einen ziemlich fruchtbaren Boden.

8. Porphyrit.

Als Porphyrite bezeichnet man im allgemeinen ältere durch die Gegenwart von Plagioklas ausgezeichnete Gesteine von porphyrischer Struktur (im Gegensatz zu den wesentlich Orthoklas enthaltenden Porphyren). Im besondern versteht man darunter die dem (plutonischen) Diorit entsprechenden Ergußgesteine, die sog. dioritischen Porphyrite, welche durch einen Gehalt von Hornblende und Biotit charakterisiert sind. Die Grundmasse, bestehend aus einem Gemenge namentlich von Plagioklas (daneben Orthoklas) und in wechselnder Menge Quarz, besitzt meist eine rote bis braune, durch Eisenoxyde hervorgebrachte, wohl auch eine graue oder grünliche Farbe; als Einsprenglinge erscheinen außer Plagioklas Biotit, Hornblende, Augit, Hypersthen, auch Quarz (Quarzporphyrit). Je nach dem Vorwalten der Hornblende oder des Biotits unterscheidet man Hornblende- und Glimmerporphyrit. Die Porphyrite entsprechen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Struktur, wenn auch als ältere und demnach durch Verwitterung mehr veränderte Gesteine, vollkommen den im folgenden besprochenen jüngeren Andesiten (ebenso wie die Porphyre den Trachyten). Sie treten hauptsächlich in Form von Decken, auch als Stöcke und oft sehr mächtige Gänge auf: Sachsen, Harz, Thüringen, an der Saar, Tirol, Belgien. Berühmt ist der Porfido rosso antico (Por-

phyrit der Römer), welcher zwischen dem Nil und Roten Meere gangförmig im Granit auftritt und seine schöne Farbe einem Gehalt an rotem Epidot verdankt. Er war im Altertum sehr geschätzt und wurde vielfach zu Kunstwerken benutzt.

9. Andesit.

Dieses dem Trachyt nahe verwandte und in seinem Aussehen ähnliche Gestein unterscheidet sich von demselben hauptsächlich dadurch, daß der darin enthaltene Feldspat vorwiegend ein Plagioklas ist. Daneben erscheinen als wesentliche Gemengteile Hornblende, Biotit sowie Augit (auch Hypersthen); man unterscheidet deshalb *Hornblende-*, *Glimmer-* und *Augitandesit*, welche wieder in eine quarzfreie und eine quarzhaltige Varietät (*Dacit*) zerfallen. — Akzessorisch erscheinen Magneteisenerz, Apatit, zuweilen Tridymit. Die Farbe der Andesite ist grau, braun, graulich-grün, schwärzlich. — Vorkommen: Wolkenburg und Stenzelberg im Siebengebirge, Kelberg in der Eifel, Mähren, Siebenbürgen, Ungarn, Nevada, Mexiko, Südamerika (Anden), Japan.

10. Diabas.

Grob- bis feinkörniges, bisweilen dichtes Gemenge von *Labradorit* oder *Oligoklas* mit *Augit* und *Chlorit*, Magnet- oder Titaneisenerz und Apatit. Der graulich- oder grünlich-weiße Labradorit oder Oligoklas bildet oft den vorherrschenden Bestandteil, der Augit tritt in Körnern und säulenförmigen Individuen von bräunlich- oder grünlich-schwarzer Farbe auf. Chlorit in Körnchen oder Blättchen, auch als feiner Staub, durch eine Umwandlung des Augits entstanden, bedingt die Farbe des Gesteins (Grünstein). Zuweilen treten auch Quarz und Olivin als Gemengteile auf (*Quarzdiabas*, *Olivindiabas*). Fig. 192 stellt in 100facher Vergrößerung einen Dünnschliff von Olivindiabas von der Nahe dar (P Plagioklas mit Zwillingsstreifung, A Augit in langprismatischen Kristallen, O Olivin mit Serpentinadern). Die Struktur ist *ophitisch* (vgl. S. 206). Kalkspat durchzieht den Diabas oft in feinen Streifen. Diabas und die ihm sehr nahestehenden Melaphyr und Plagioklasbasalt (s. unten) entsprechen als Ergußgesteine dem Gabbro.

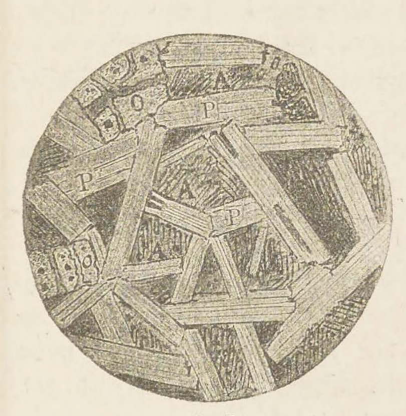


Fig. 192.

Der Diabas besitzt eine große Verbreitung, er erscheint in Lagern, Decken und Gängen namentlich in der sog. Übergangsformation. Die besonders häufigen Diabaslager sind oft dem sedimentären Nebengestein sehr regelmäßig eingeschaltet und wechseln bisweilen mehrfach mit ihm ab. Vorkommen: Harz, Nassau (Dillenburg), Westfalen (Gegenden der Ruhr), Fichtelgebirge, Thüringer Wald, Tirol, England, Schweden, Nordamerika.

Zuweilen zeigt der Diabas (ähnlich gewissen Dioriten) eine porphyrartige Struktur, hervorgebracht durch größere Ausscheidungen von Plagioklas und Augit in einer mittel= bis feinkörnigen Masse. Solche Varietäten bilden den Übergang zu den sog. Diabasporphyriten, bei welchen in der diabasischen, dem bloßen Auge vollkommen gleichartig erscheinenden Grundmasse vorwiegend bald Plagioklas, bald Augit, bald beide Gemengteile nebeneinander ausgeschieden liegen (Nassau, Vogesen, Tirol).

Der Diabas findet Verwendung als Baumaterial und Straßenpflaster.

11. Melaphyr.

Dieses Gestein bildet gewissermaßen eine besondere, meist porphyrische Ausbildung des feinkörnigen bis dichten Olivindiabases und besteht im wesentlichen aus Plagioklas, Augit und Olivin. Die Farbe der teils kristallinischen teils glasigen Grundmasse ist schwarz, grünlich=, rötlich= oder bräunlich=schwarz. In ihr liegen oft (meist kleine) Ausscheidungen von Plagioklas, begleitet wohl von Augit und Olivin; ferner treten darin auf: Magneteisenerz, Apatit u. a. Bei der leicht eintretenden Verwitterung wird das Gestein erdig, zeigt beim Anhauchen Tongeruch und braust mit Säuren (enthält also Karbonate). — Der sehr häufige, gewöhnlich stark zersetzte Melaphyrmandelstein enthält als Ausfüllung der Blasenräume oft Kalkspat, gemeinen Quarz, Bergkristall, Amethyst, auch Analcim und Chabasit, sogar gediegenes Kupfer.

Melaphyr erscheint in oft sehr ausgedehnten Lagern, Decken und Gängen im Harz, Thüringer Wald, bei Zwickau in Sachsen, am Südrande des Riesengebirges in Böhmen, bei Landshut in Schlesien, im südlichen Tirol, am Oberen See in Nordamerika.

Findet wegen seiner Härte (H. = 5,5—6) Anwendung als Material für Straßenbau. Gibt nach der Verwitterung einen fruchtbaren Boden.

12. Basalt.

Der Basalt stellt eine dichte, scheinbar gleichartige Masse von graulich= oder bläulich=schwarzer Farbe dar. Nach dem Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung hat man hauptsächlich drei Arten von Basalt zu unterscheiden: 1) Plagioklasbasalt, der häufigste; 2) Nephelinbasalt; 3) Leucitbasalt.

Der Plagioklasbasalt (Feldspatbasalt), ein gegenüber dem Melaphyr jüngeres, sonst von demselben kaum zu trennendes Gestein, besteht aus Plagioklas, Augit, Olivin und Magnet- oder Titaneisenerz. Daneben enthält er oft mehr oder weniger eine glasige Masse, welche die Zwischenräume zwischen den einzelnen Gemengteilen ausfüllt. G. meist = 2,9—3,1; gibt am Stahl Funken; Bruch flachmuschelig und splitterig; vor dem Lötrohr leicht schmelzbar. Durch ausgeschiedene ölgrüne Körner oder (bis Kopfgröße erreichende) körnige Aggregate von Olivin, auch durch Einsprenglinge von Augit erscheint er oft porphyrartig. Akzessorisch treten zuweilen auf: Hornblende in meist großen, säulenförmigen Kristallen, Zirkon in der Kombination $\infty P \infty \cdot \infty P \cdot P$, Sapphir in kristallinischen Körnern. — Fig. 193 stellt einen Dünnschliff von Plagioklasbasalt von Oberkassel bei Bonn in 50facher Vergrößerung dar. Die Feldspatkristalle erscheinen als helle Leisten mit Zwillingsstreifung; die dunkleren Augite beherbergen zahlreiche Einschlüsse; der Olivin (O) läßt auf Sprüngen den Anfang einer Umwandlung in Serpentin in Form von feinen Fasern erkennen; das Magneteisenerz bildet kleine, völlig undurchsichtige Körnchen oder Oktaeder von oft drei- oder viereckigem Durchschnitt.



Fig. 193.

Der Dolerit steht in nächster Beziehung zum Plagioklasbasalt, indem er dieselben Gemengteile wie dieser enthält und sich von ihm nur durch seine mittel- bis grobkörnige Struktur unterscheidet. Er tritt z. B. auf in der Umgebung des Meißners in Hessen sowie auf der Löwenburg im Siebengebirge.

Der Nephelinbasalt besteht wesentlich aus Nephelin in Körnern oder hexagonalen Prismen, Augit, Olivin und Magneteisenerz; der Leucitbasalt enthält an Stelle von — oder vielmehr neben untergeordnetem — Nephelin rundliche Kristalle oder Körnchen von Leucit.

Die Basaltmandelsteine beherbergen in den Blasenräumen Zeolithe, wie Apophyllit, Chabasit, Natrolith und Harmotom, auch Kalkspat, Aragonit und andere Mineralien.

Basalt tritt verbreiteter auf als Trachyt und Andesit. Er bildet weit ausgedehnte Decken, Lager und Ströme, auch Kuppen und Gänge, so im Gneis und Granit, in der Grauwacke, im Sandstein und in der weißen Kreide. Manchmal erscheint er auch zusammen mit Trachyt. Seine Berge besitzen in der Regel Kuppenform; bei keinem Gestein findet

man die (meist fünfseitige) säulenförmige Absonderung so häufig und ausgeprägt wie beim Basalt (Fingalshöhle, Linz am Rhein). Als einige Stellen, wo Basalt auftritt, seien erwähnt: 1) Feldspatbasalt: Siebengebirge, Eifel, Taunus, Vogelsberg, Ungarn, Irland, Färöer, Island; 2) Nephelinbasalt: Odenwald, Kaiserstuhl, Erzgebirge, Böhmisches Mittelgebirge; 3) Leucitbasalt: Eifel, Kaiserstuhl, Erzgebirge, Böhmisches Mittelgebirge.

Der Basalt findet wegen seiner Härte und Festigkeit ausgedehnte Verwendung zum Straßenbau und als Straßenpflaster. Er verwittert im allgemeinen leicht und liefert einen fruchtbaren lehmigen Boden.

13. Obsidian und Pechstein.

Der Obsidian bildet eine glasartige Masse von muscheligem Bruch, schwarzer oder braun- bis grünlich-schwarzer Farbe und starkem Glasglanz; spröd; H. = 6—7; G. ungefähr 2,4; durchscheinend bis kantendurchscheinend; enthält oft eine geringe Menge Wasser. Er entspricht in seiner chemischen Zusammensetzung den Ligariten und Quarzporphyren, auch den Basalten, zu welchen er in naher Beziehung steht, indem er die durch rasche Abkühlung glasig erstarrte Gesteinsmasse darstellt. Die mikroskopische Untersuchung hat gelehrt, daß sich in der Glasmasse stets, oft in ungeheurer Menge, unvollkommene Kristallbildungen (Mikrolithen) befinden, welche als durchsichtige oder undurchsichtige, nicht selten eigentümlich gekrümmte Stäbchen, Sternchen usw. erscheinen (s. Fig. 194, welche einen Obsidian von Tokaj und einen von Grönland darstellt). Der porphyrartige Obsidian enthält größere Ausscheidungen von Sanidin und Plagioklas, selten von Quarz.



Fig. 194.

Der Obsidian tritt in vulkanischen Gegenden sehr verbreitet auf: Liparen, Teneriffa, Island, Mexiko, Neuseeland. Er wird zu Schmuckgegenständen und Knöpfen verarbeitet; die Mexikaner verfertigten aus ihm Schneidewerkzeuge und Waffen.

Der Bimsstein ist als eine schaumartige Modifikation des Obsidians zu betrachten; seine Blasen sind rund oder langgestreckt, im letzteren Falle erhält er eine Art Faserstruktur. H. = 4,5; weiß, grau, gelb; Glas- bis Seidenglanz; sehr leicht. Vorkommen wie beim Obsidian. Dient zum Schleifen und Polieren von Marmor, Lithographierstein, Holz- und Metallwaren.

Der Pechstein (Felsitpechstein) ist gleichfalls glasartig, von muscheligem Bruch; H. = 5,5—6; G. = 2,3; grün, schwärzlich-grün, rot oder rot-

braun; starker Fettglanz; gibt im Kolben erhitzt Wasser ab, wovon er 3—8 % enthält. Es erscheinen in ihm weniger häufig helle Mikrolithen, hingegen als charakteristische Bestandteile Felsitmasse (s. Porphyr), auch auskristallisierter Sanidin, Plagioklas, Biotit und Quarz (Pechsteinporphyr). Fig. 195 stellt einen Dünnschliff von Pechsteinporphyr von San Lugano (Tirol) dar (P Plagioklas, B Biotit), welcher sehr deutliche Fluidalstruktur zeigt (Vergrößerung 100fach). Der Felsitpechstein steht in nächster Beziehung zum Quarzporphyr, indem er als ein eigenartiges Erstarrungsprodukt derselben Gesteinsmasse zu betrachten ist, woraus auch jener hervorging; bei diesem Erstarrungsvorgang wurde vorhandenes Wasser chemisch gebunden. Man muß annehmen, daß er bei fortschreitender Entglasung (Bildung von felsitischer Grundmasse und Ausscheidung der genannten Mineralien) in Quarzporphyr übergegangen sein würde. Findet sich in Verbindung mit Quarzporphyr: Umgebung von Meißen, Tharandt und andere Orte in Sachsen, Tirol.

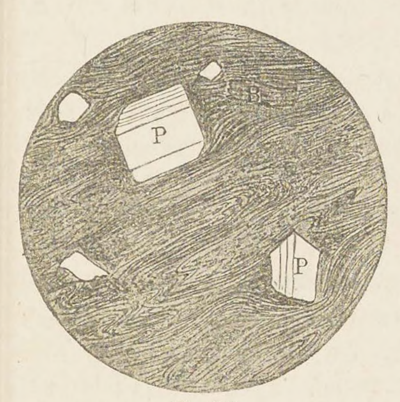


Fig. 195.

Mit dem Felsitpechstein stimmt sowohl in seinem Aussehen als auch in seiner chemischen Zusammensetzung der Trachytpechstein überein. Er unterscheidet sich jedoch von jenem im allgemeinen durch einen außerordentlichen Reichtum an hellen Mikrolithen; bisweilen weist er äußerst zierliche blumenkohl- und farnkrautähnliche Gebilde auf (Pechstein von Arran). Der Trachytpechstein steht mit den Trachyten und Lipariten in enger Verbindung. Vom Obsidian unterscheidet er sich durch seinen größeren Wassergehalt. Vorkommen: Island, Inseln Eigg und Arran (Schottland).

14. Lava.

Die Lava stellt im allgemeinen keine besondere Felsart dar, man bezeichnet als solche vielmehr jeden erstarrten (oder erstarrenden) Ausfluß eines Vulkans[1]. Sie ist auch durchaus nicht immer porös, wie man gewöhnlich glaubt, sondern ebensohäufig dicht und feinkörnig, namentlich im Innern der Lavamassen; rötlich, grau, braun, schwarz. Die Lava

[1] Im weiteren Sinne bezeichnet man als Lava alle auf der Oberfläche der Erde fließenden oder einst geflossenen natürlichen Schmelzflüsse, auch das noch im Krater eines Vulkans befindliche Gesteinsmagma.

unterscheidet sich nicht wesentlich von den Gesteinen Trachyt, Andesit, Phonolith und Basalt, womit sie sowohl in chemischer als in petrographischer Hinsicht übereinstimmt. Demnach spricht man von Trachyt-, Andesit-, Phonolith- und Basaltlava. An den Leucitbasalt schließt sich an die Leucitlava, welche kleinere oder größere, oft sehr gut ausgebildete (eingewachsene) Leucitkristalle beherbergt. Deutliche erstarrte Lavaströme finden sich an erloschenen oder noch tätigen Vulkanen: Laacher See, Eifel, Auvergne, Vesuv, Ätna.

Harte und feste Lava, z. B. diejenige von Niedermendig, wird zu Mühlsteinen benutzt.

Anhangsweise seien hier erwähnt:

vulkanische Blöcke, das sind lose, oft über 1 m dicke Lavastücke;

vulkanische Bomben, rundliche bis kopfgroße Lavastücke, welche im halbflüssigen Zustande aus dem Vulkan fortgeschleudert wurden und beim Herabfallen erstarrten;

Lapilli, bis nußgroße, unregelmäßig gestaltete Lavastückchen von blasiger Beschaffenheit;

vulkanischer Sand und Asche, feiner, schwarzer Sand oder Staub. Der Sand enthält zahlreiche scharfkantige Kriställchen oder Kristallstückchen von Magneteisen, Augit, Sanidin, Biotit u. a., auch kleine Bröckchen von Lava. Die vulkanische Asche wird durch die Kraft der aufsteigenden Gase und Wasserdämpfe in die Höhe geschleudert und oft von den Winden weit weggeführt; bildet mitunter haushohe Schichten und verschüttet ganze Ortschaften (Pompeji).

B. Sedimentäre Gesteine.

Die Bestandteile der klastischen sedimentären Gesteine sind entweder mehr oder weniger fest verbunden — manchmal, wie beim Sandstein, durch ein besonderes Bindemittel — oder lose. Bei einzelnen — wie den Konglomeraten und Breccien — können die Bestandteile sehr verschiedener Art sein; man kann dann nicht von einer bestimmten mineralogischen Zusammensetzung der betreffenden Gesteinsart im ganzen reden.

Die Gesteine der zweiten Gruppe, die sog. Ausscheidungssedimente — zu welchen, insofern sie Ausscheidungen aus eisenhaltigen Lösungen oder durch solche Lösungen erzeugte Umwandlungsprodukte anderer Gesteine (namentlich von Kalksteinen) darstellen, auch Spat-, Rot- und Brauneisenstein gehören —, bestehen ganz oder vorwiegend aus nur einem Mineral (einfache Gesteine); dieselben wurden deshalb (wie das gleichfalls hierhingestellte Eis) schon in der speziellen Mineralogie besprochen. Es ist daher nicht nötig, dieselben hier noch einmal zu behandeln; nur über den Kalkstein und den Dolomit seien noch einige Bemerkungen gemacht.

Gewisse sedimentäre Gesteine zeigen mehrfach eine ursprüngliche, aus dem Gesteinsabsatz herrührende schieferige Struktur, indem sich bei jenem Absatz blätterige oder stengelige Gemengteile parallel lagerten.

15. Sandstein und Grauwacke.

Der Sandstein besteht aus Quarzkörnern, welche durch ein Bindemittel zu einem mehr oder weniger festen Gestein verkittet sind. Die Quarzkörner sind meist scharfeckig, seltener gerundet, mikroskopisch klein bis erbsengroß (fein= bis grobkörniger Sandstein), farblos, wasserhell, weiß, grau. Gewöhnlich herrschen dieselben über das Bindemittel vor, oft so, daß letzteres kaum zu erkennen ist, wobei die Quarzkörner einander berühren. Nach der Natur des Bindemittels, welches meist ein kieseliges, toniges und kalkiges ist, unterscheidet man quarzigen, tonigen und kalkigen Sandstein; der erstere geht, je mehr er homogen wird, in Quarzit über. Die Farbe des Gesteins ist meist weißlich oder grau; besteht das Bindemittel aus Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd, so ist das Gestein rot oder braun bis gelb gefärbt. Dasselbe ist gewöhnlich deutlich geschichtet und zeigt nicht selten quaderförmige Absonderung (Quadersandstein — sächsische Schweiz). Der Sandstein, welcher als Bau=, Mühl= und Schleifstein, zu Platten und Steinhauerarbeiten wichtige Verwendung findet, bildet häufig zusammenhängende, sehr verbreitete Gebirgsmassen mit oft steilen Felspartien: Harz, Sachsen, Thüringen, Schlesien usw. Der durch seine Verwitterung entstandene Boden ist gewöhnlich sehr dürftig.

Die Grauwacke besteht aus vorherrschenden, eckigen oder abgerundeten, meist erbsen= bis walnußgroßen Quarzkörnern, Brocken von Kieselschiefer und Tonschiefer, auch Körnern von Orthoklas, welche durch ein kieseliges oder kieselig=toniges Zement verbunden sind. Akzessorisch treten Blättchen von Muskovit auf, durch deren parallele Lagerung die feinkörnige Grauwacke in Grauwackenschiefer übergeht. Das Gestein ist meist grau, jedoch auch gelblich, bräunlich, grünlich. Oft ist es von weißen Quarzadern durchsetzt. Wie die feinkörnige Grauwacke in gewöhnlichen Sandstein, so geht die grobkörnige in Konglomerat über.

Tritt sehr verbreitet auf, namentlich in der sog. Grauwacke=Formation (Übergangsgebirge), und bildet breite Gebirgsrücken mit wenig hervorragenden Gipfeln: Westfalen, Rheinprovinz, Harz, Thüringen, Schlesien, Böhmen usw.

16. Konglomerate und Breccien.

Dieselben bestehen aus festverkitteten Bruchstücken der verschiedensten Mineralien und Gesteine von Erbsen= bis Kopfgröße, welche bei den Konglomeraten abgerundet (Rollstücke), bei den Breccien scharfkantig sind. Das

Bindemittel ist kieseliger, kalkiger oder toniger Natur, oft auch besteht es aus feinem Gesteinsschutt. Die Bruchstücke walten meist vor, und man unterscheidet nach der Art derselben z. B. Kalkstein-, Dolomit-, Quarzit-, Gneis-, Granit-, Porphyr-, Trachyt-, Basalt-Konglomerat, ebenso Kalkstein-, Quarzit-, Porphyr-Breccie. Sind Fragmente verschiedener Gesteine verbunden, so benennt man nach dem vorherrschenden. Konglomerate und Breccien gehen oft ineinander über, und manches Gestein muß als Konglomerat und Breccie zugleich bezeichnet werden.

Sehr verbreitet: Thüringen, Harz, Siebengebirge, Schwarzwald, Böhmen, Schweiz, England.

17. Blöcke, Gerölle, Sand.

Als Blöcke bezeichnet man eckige oder abgerundete, kopfgroße bis mehrere Meter dicke Gesteinsstücke, welche durch Verwitterung oder eine mechanische Ursache von der Gesteinsmasse abgelöst wurden und entweder in der Nähe der letzteren oder in größerer Entfernung davon (Wanderblöcke, erratische Blöcke) angetroffen werden. Sie liegen entweder vereinzelt oder in größerer Zahl beisammen, dabei oft wild und regellos aufgehäuft, und bilden dann die sog. Felsenmeere (Felsberg im Odenwald, Luisenburg bei Wunsiedel). Besonders interessant sind die über die ganze nordeuropäische Niederung, so auch über Norddeutschland zerstreuten, aus Granit, Syenit, Gneis und andern Gesteinen bestehenden erratischen Blöcke (einzelne von 5—15 m im Durchmesser), welche aus Norwegen, Schweden und Finland stammen und während der Diluvialzeit, in der gewaltige Gletscherströme von jenen Ländern ausgingen und Nordeuropa bedeckten, durch die bewegten Eismassen nach ihrer jetzigen Lagerstätte gebracht wurden.

Kleinere, durch den Transport abgerundete Gesteinsstücke (etwa von Nuß- bis Kopfgröße) heißen Gerölle oder Geschiebe. Werden die Stückchen noch kleiner, etwa erbsengroß, so entsteht Kies. Anhäufungen von aus der Zersetzung namentlich gemengter Gesteine hervorgegangenen Teilchen nennt man Grus. Der Sand endlich besteht aus sehr kleinen, losen, abgerundeten oder eckigen Körnern von Quarz, seltener von Dolomit, Kalkstein, Feldspat.

Die losen Trümmergesteine, welche in allen Gegenden verbreitet sind, bilden häufig mächtige Lager, indem sie sich am Fuße von Bergen, in Schluchten, Tälern und auf Ebenen anhäufen.

18. Tuffe.

Als Tuffe bezeichnet man lockere oder dichte, zuweilen deutlich geschichtete Trümmergesteine, deren Material teils in Form von vulkanischen Aschen, Sanden und Lapilli durch vulkanische Eruptionen geliefert und dann wohl durch die Mitwirkung des Wassers zusammengeschwemmt wurde, teils auch

aus feinzerriebenem und umgewandeltem Schutt verschiedener Gesteine besteht. Die Tuffe schließen häufig gutausgebildete Kristalle verschiedener Mineralien ein. Nach der Natur des Gesteins, womit die Tuffe (ähnlich wie die Lava) in Verbindung stehen oder woraus sie entstanden sind, unterscheidet man z. B. Porphyr-, Trachyt-, Phonolith-, Basalt-Tuff. Bekannt ist besonders der Traß (Duckstein, Tuffstein), welcher eine grauliche oder gelbliche, bald erdige bald dichte Masse darstellt, welche Stückchen von Bimsstein, Trachyt, Tonschiefer, Grauwacke und Lava, auch verkohltes Holz sowie Kristalle von Sanidin, Hornblende, Augit u. a. einschließt. Der Traß ist namentlich sehr verbreitet in der Umgebung des Laacher Sees; er bildet stromähnliche, oft 2 m mächtige Ablagerungen in den Tälern bei Andernach und wird zur Darstellung von hydraulischem Mörtel benutzt.

19. Tonschiefer.

Der Tonschiefer, hervorgegangen aus dem feinstzerriebenen Schlamm älterer Gesteine, besteht hauptsächlich aus Ton mit mikroskopisch kleinen Glimmerschüppchen, Quarzkörnchen und Feldspatbruchstückchen, Körnchen von Schwefelkies, dabei in großer Zahl vorhandenen mikroskopisch kleinen, gelblich-braunen Kristallnadeln, welche sich als Rutil erwiesen haben (Fig. 196). Diese Nadeln sind wahrscheinlich erst während der allmählichen Verfestigung des Gesteins entstanden. Der Tonschiefer ist dicht, ausgezeichnet schieferig und geschichtet, doch geht die Schieferung häufig nicht mit den Schichtungsfugen parallel (transversale Schieferung, s. S. 208); meist grau bis schwarz, aber auch gelb, grün, bräunlich.


Fig. 196.

Man unterscheidet Dach- oder Tafelschiefer, welcher sich in dünne ebene Platten spalten läßt (St. Goar, Kaub, Goslar, Gräfental in Thüringen, im Siegenschen); Griffelschiefer, in dünne Stengelchen spaltbar (Steinach in Thüringen); Wetzschiefer, von Kieselsäure durchdrungen, sehr hart, hell- oder grünlich-grau (Thüringen, Harz); Zeichenschiefer, stark kohlehaltig, schwarz, weich und abfärbend (Haselbach in Thüringen); Alaunschiefer, stark kohle- und schwefelkieshaltig, verwittert an der Luft leicht unter Bildung von Eisenvitriol, Aluminiumsulfat und Alaun, dient zur Alaunfabrikation (Gräfental und Sonneberg in Thüringen, Lautental im Harz, Hof, Reichenbach im Vogtland, Kristiania).

Der Tonschiefer bildet allmählich ansteigende Hügel und ausgedehnte Bergplateaus, aber auch schroffe Felsmassen mit steilen Wänden (Lurleifels); er verwittert leicht und liefert einen fruchtbaren Boden.

Gleichsam in der Mitte zwischen dem Tonschiefer und dem gewöhnlichen Ton (s. unten) steht der Schieferton, welcher sich von dem Tonschiefer hauptsächlich durch seine geringere Härte unterscheidet.

20. Ton, Lehm, Mergel, Löß.

Die Porzellanerde (Kaolin) und der gewöhnliche Ton gehen hauptsächlich aus der Verwitterung des Orthoklases und der feldspathaltigen Gesteine (Granit, Porphyr) unter dem Einflusse kohlensäurehaltigen Wassers hervor. Beide sind erdig, zerreiblich und abfärbend, haften an der Zunge und verbreiten, namentlich beim Anhauchen, den eigentümlichen Tongeruch. Mit Wasser durchtränkt, sind sie bildsam (plastisch). Die Porzellanerde ist weiß, auch gelblich, graulich, rötlich, besteht aus einem wasserstoffhaltigen Aluminiumsilikat, $H_4Al_2Si_2O_9$, nebst einigen Beimengungen, ist vor dem Lötrohr unschmelzbar, in Salz- und Salpetersäure unlöslich, unter Abscheidung von Kieselsäure löslich in kochender Schwefelsäure. Die mikroskopische Untersuchung hat ergeben, daß der Kaolin aus kleinen, farblosen und durchsichtigen sechsseitigen oder rhombischen Tafeln besteht. Er findet sich in Nestern und Lagern im Granit und Porphyr: bei Halle, Schneeberg, Karlsbad, Limoges in Frankreich, in Cornwall, China u. a. O., und bildet das Hauptmaterial zur Fabrikation des Porzellans. Der Ton von weißer, grauer, gelber oder brauner Farbe läßt sich als Porzellanerde betrachten, welche durch Calcium- und Magnesiumkarbonat, Eisen- und Manganhydroxyd, feinen Quarzsand und andere Substanzen verunreinigt ist. Er findet sich sehr verbreitet im nördlichen und nordwestlichen Deutschland und liefert das Material für Tabakspfeifen, Töpferwaren, feuerfeste Ziegel usw. Der Lehm, welcher zu Ziegeln, Lehmwänden, als Formmasse 2c. Anwendung findet, ist ein durch Eisenhydroxyd und Sand stark verunreinigter Ton von gelber Farbe, nur wenig plastisch. Als Mergel bezeichnet man ein Gemenge von Ton mit Calciumkarbonat (Kalk). Der Löß, welcher z. B. im Rheintal stellenweise in bedeutender Mächtigkeit auftritt, besteht aus meist kalkreichem, durch Eisenhydroxyd gelb gefärbtem Ton, gemengt mit höchst feinen Quarzteilchen, ist nicht plastisch; infolgedessen zerfällt er im Wasser zu Schlamm. In ihm finden sich verschieden gestaltete Mergelknollen, die sog. Lößmännchen.

21. Kalkstein und Dolomit.

Die meisten Kalksteine stellen Sedimente aus Meerwasser dar (marine Kalksteine), andere haben sich aus Süßwasser abgesetzt (Süßwasserkalke). Die Bildung derselben ist sehr häufig auf die Mitwirkung von Organismen (meist von Tieren, doch auch von Pflanzen) zurückzuführen

(zoogene und phytogene Bildungen). Die betreffenden (wirbellosen) Tiere entziehen dem Wasser (als saures Salz gelöstes) Calciumkarbonat und verwenden dasselbe zum Bau ihrer Skelette oder Gehäuse, deren Reste im Gestein oft noch deutlich erhalten sind; so bei der Kreide, dem Numulitenkalk, den verschiedenen Kalksteinen der Muschelkalkformation. Auch der Korallenkalk, dessen Bildung noch jetzt fortdauert, gehört hierhin. Algen und Moose wirken kalkabscheidend in Süßwasser, selbst in heißen Quellen (Kalktuff). Über oolithischen Kalkstein s. S. 151. Die Kalksteine sind zum Teil sehr deutlich geschichtet, andere, wie der Korallenkalk, sind ungeschichtet. Sie haben sich in allen geologischen Perioden gebildet. Der körnige Kalkstein, welcher die verschiedenen Varietäten des eigentlichen Marmors umfaßt, findet sich als Einlagerung in kristallinischen Schiefern und in jüngeren Sedimenten. Er ist wohl meist durch eine Umwandlung (Umkristallisation) aus dichtem Kalkstein entstanden, welche zum Teil auf gewaltigen Gebirgsdruck, erzeugt durch Bewegung in der Erdrinde, zurückzuführen ist (Dynamometamorphose), zum Teil auf der Einwirkung von in der Nähe hervordringenden Eruptivgesteinen beruht (Kontaktmetamorphose). Zuweilen ist dabei die ursprüngliche Schichtung des Gesteins erhalten geblieben.

Die gleichfalls in den verschiedensten Formationen auftretenden Dolomite haben sich teils aus Wasser abgesetzt, teils sind sie aus Kalkstein durch eine Umwandlung unter dem Einflusse von Magnesiumsalze enthaltendem Meerwasser entstanden, teils endlich stellen sie den Rückstand einer Auslaugung dolomitischer (d. i. dolomithaltiger) Kalksteine dar. Auch der Dolomit kann dicht oder (wie der Marmor) körnig sein.

C. Kristallinische Schiefer.

Die hierhingehörigen Gesteine, über deren Bildung aus sedimentären und eruptiven Gesteinen schon auf S. 202 eine Ansicht ausgesprochen wurde, treten vorwiegend in den ältesten und mittleren geologischen Formationen auf, und zwar in der Regel als mehr oder weniger planparallele Schichten oder linsenförmige Lager. Sie bildeten sich also zu verschiedenen Zeiten, wenngleich sie erst in den tiefsten bzw. ältesten Schichten die herrschende Gesteinsklasse ausmachen (für Deutschland zerfällt das sog. Urgebirge von unten nach oben in eine Gneis-, Glimmerschiefer- und Phyllitformation). Daß gerade die ältesten Gesteine in der Regel als kristallinische Schiefer auftreten, liegt daran, daß wegen ihrer tiefen Lagerung die umwandelnden Kräfte (Druck, hohe Temperatur und lösende Wirkung des Wassers) am stärksten und längsten auf sie einwirken konnten, und daß sie am häufigsten

den gebirgsbildenden Vorgängen (wie den in der Erdrinde stattfindenden Bewegungen) und deren umwandelnder Wirkung ausgesetzt waren. Im übrigen findet ein vollständiger Übergang von unverändertem klastischem Sediment (Tonschiefer, Grauwacke) zu ausgeprägten kristallinischen Schiefern (Phyllit, Gneis) statt.

Für die kristallinischen Schiefer ist, wie der Name schon sagt, die schieferige Struktur die am meisten charakteristische. Dieselbe kann sich, soweit sie nicht schon dem ursprünglichen Sediment eigentümlich war, an vielleicht noch plastischen Sedimenten durch die Wirkung eines von den überlagernden Gesteinsmassen ausgeübten Druckes entwickeln, wobei sich die in Form von Blättchen auftretenden oder sich erst bildenden Gemengteile (namentlich Glimmer) mit ihren Flächen senkrecht zur Richtung des Druckes stellen. Die Schieferung geht dann mit der ursprünglichen Schichtung parallel. Anderseits nimmt man an, daß die Schieferung noch mehr, wie durch jene Verhältnisse, durch eine einseitige, mehr oder weniger horizontal gerichtete Pressung (infolge gebirgsbildender Vorgänge) hervorgebracht worden sei, welche ein seitliches Ausweichen gestattete. Die so hervorgerufene Schieferung ist vorherrschend steil, selbst vertikal gerichtet und setzt als Druck- oder Transversalschieferung quer durch Schichten, Lager oder Gänge, auch verschiedener Gesteine, hindurch; die letzteren werden dann wohl durch die Wirkung des Druckes in ihrer Form verändert, etwa zu Linsen ausgezogen. Sowohl Sedimente als auch Massengesteine können so umgewandelt werden. Doch handelt es sich dabei nicht nur um einen mechanischen, oft in einer weitgehenden inneren Zertrümmerung gewisser Gemengteile hervortretenden Prozeß, sondern auch um einen (bei, mit wachsender Tiefe und infolge des Druckes erhöhter Temperatur stattfindenden) Lösungs- bzw. Kristallisationsvorgang. An Stellen stärkeren Druckes findet durch die Gebirgsfeuchtigkeit eine Auflösung der Gemengteile statt, worauf aus der Lösung an Stellen geringeren Druckes neue Bildungen auskristallisieren, und zwar so, daß die größte Ausdehnung derselben senkrecht zur Druckrichtung und innerhalb der Schieferungsfläche liegt. So entstehen breite Blätter von Biotit, und größere Körner von Quarz oder Feldspat werden in flache Linsen und Tafeln umgeformt, richtungslose Strukturen in schieferige umgewandelt. In großen Erdtiefen werden die geschilderten Vorgänge wegen der dort herrschenden hohen Temperatur und des sehr großen, nun annähernd allseitig wirkenden Druckes wesentlich modifiziert sein[1].

---

[1] Es ist jedoch zu bemerken, daß der oben dargestellten, wesentlich auf der Annahme dynamometamorpher Wirkungen gegründeten Auffassung eine andere

Die **einfachen** Gesteine unter den auf S. 209 angeführten kristallinischen Schiefern sollen, da ihrer schon bei den betreffenden Mineralien gedacht wurde, an dieser Stelle nicht nochmals behandelt werden. Zu ihnen gehört auch das Magneteisenerz, insofern es schichten- und lagerartig, auch linsenförmig im Gneis und Glimmerschiefer auftritt.

22. Gneis.

Ein körniges Gemenge von Orthoklas (und Mikroklin), Plagioklas und Quarz erhält durch parallel oder fast parallel gelagerte Tafeln, Blättchen oder Schuppen von Glimmer eine oft ausgezeichnete schieferige Struktur. Der Feldspat ist weiß, grau oder fleischrot, herrscht meist vor und bedingt die Farbe des Gesteins, der Plagioklas ist Oligoklas oder Albit; der Quarz tritt in Körnern oder Lamellen von grauer Farbe auf; der Glimmer ist teils weißer oder grauer Muskovit, teils brauner Biotit. Der sog. flaserige Gneis enthält kurze gebogene Glimmerlagen (Flasern) von schuppiger Zusammensetzung. Durch nur unvollkommen parallele Lagerung der Glimmerblättchen entstehen äußerlich Übergänge zum Granit; bisweilen wird der Gneis durch größere Orthoklaskristalle porphyrartig. Manchmal kann man bemerken, wie Eruptivgesteine, wie Granit, namentlich an ihren Grenzen, in gneisähnliche Gesteine übergehen, anscheinend infolge einer Umwandlung durch Druckkräfte der Gebirgsbildung (vgl. auch Protogin).

Zuweilen ist der Glimmer ganz oder teilweise durch Hornblende (Hornblendegneis), Chlorit (Chloritgneis), selbst Graphit (Graphitgneis) ersetzt. Als akzessorische Gemengteile erscheinen unter andern roter Granat, schwarzer Turmalin, Epidot, Rutil, Apatit. Der Gneis ist oft reich an Erzgängen (Freiberg).

Die Verbreitung und Mächtigkeit ist eine sehr bedeutende; der Gneis tritt in fast allen größeren Gebirgen auf, so im Erz- und Fichtelgebirge, Schwarz- und Odenwald, Bayrischen Wald, in den Schweizer, Tiroler und Salzburger Alpen, in Schottland, Norwegen und Schweden, Finland. — Der Gneis liefert bei der Verwitterung einen namentlich dem Holzwachstum günstigen Boden.

---

gegenübersteht, welche die Bildung kristallinischer Schiefer mehrfach auf eine **Kontaktmetamorphose**, herbeigeführt durch die Einwirkung gewaltiger (infolge gebirgsbildender Bewegungen) empordringender Eruptivmassen (Granite) auf die überlagernden Gesteinsschichten, verbunden mit einem von ersteren ausgeübten Druck, zurückführt. Dabei nehmen auch die äußeren Teile des erstarrenden Eruptivgesteins eine schieferige, gneisähnliche Struktur an. — Eine endgültige, allgemein angenommene Erklärung der Bildung kristallinischer Schiefer ist zurzeit noch nicht gegeben.

23. Granulit (Weißstein).

Fein- bis mittelkörniges Gemenge von Orthoklas (auch Mikroklin und Plagioklas), Quarz und rotem Granat; mehr oder weniger deutlich schieferig, indem der graue oder rötlich-graue Quarz in dem meist vorwaltenden weißen, gelblichen oder grauen Feldspat in flachen Körnchen oder papierdünnen Lagen parallel verteilt ist. Der Granat bildet Körnchen, welche selten die Größe einer Erbse übersteigen und oft mikroskopisch klein sind. Zuweilen stellt sich noch Biotit, schwarzer Turmalin oder Cyanit ein (Biotit-, Turmalin- und Cyanitgranulit). Im Dünnschliff läßt der Granulit oft sehr deutlich die Zertrümmerung von Gemengteilen infolge des Gebirgsdruckes erkennen.

Tritt insbesondere auf im sächsischen Erzgebirge (bei Penig, Waldheim), im ostbayrischen Waldgebirge, in Böhmen, Mähren, in den Vogesen. Gewisse in Indien (auf Ceylon) erscheinende Granulite, welche von durch Gebirgsdruck hervorgerufenen Veränderungen fast ganz frei sind, werden nach der Art ihrer Ausbildung und ihres Auftretens als eruptive Gesteine betrachtet.

24. Glimmerschiefer.

Dünn- oder dickschieferiges Gemenge von meist vorherrschendem Glimmer (weißem bis grauem Muskovit oder braunem bis schwarzem Biotit) und Quarz. Die Glimmerblättchen liegen mehr oder weniger parallel; der Quarz bildet Körner, dünne Lagen oder linsen- bis wulstförmige Partien. Die Farbe des Gesteins wird durch den Glimmer bedingt. Der Paragonitschiefer enthält anstatt der genannten Glimmerarten einen dem Muskovit chemisch analogen Natronglimmer (Paragonit). An Stelle des Glimmers oder neben demselben erscheint manchmal Graphit; akzessorische Gemengteile sind häufig, namentlich roter Granat in oft großen Kristallen (∞ O), ferner Turmalin, Feldspat, im Paragonitschiefer schöne Kristalle von Cyanit und Staurolith. Der Glimmerschiefer ist reich an Erzgängen.

Sehr verbreitet: Erz- und Riesengebirge; Schweizer, Tiroler und Salzburger Alpen; Schottland, Pyrenäen, Ural, Nordamerika; Paragonitschiefer bei Airolo und Faido im Tessin.

Die Tonglimmerschiefer oder Phyllite stellen Mittelstufen zwischen dem Glimmerschiefer und dem eigentlichen Tonschiefer dar, mit welchen beiden sie durch allmähliche Übergänge in Verbindung stehen. Sie bestehen vorwaltend aus meist mikroskopisch kleinen Teilchen von Quarz, Glimmer, Chlorit und Feldspat, zeigen auf den Spaltungsflächen glimmerartigen Glanz und finden sich unter andern im sächsischen und böhmischen Erzgebirge, in Ostbayern, in den Ardennen, in Mähren und Schlesien.

Register der Mineralien und Gesteine.

Achat 133.
Adular 188.
Alabaster 161.
Alaun 164.
Alaunerde 164.
Alaunschiefer 164 225.
Alaunstein 164.
Albit 188.
Almandin 182.
Alunit 164.
Amazonenstein 188.
Amethyst 131.
Amiant 185.
Ammoniak-Alaun 164.
Amphibol 185.
Analcim 191.
Anatas 136.
Andesit 217.
Anglesit 160.
Anhydrit 158 208.
Anorthit 189.
Anthracit 199.
Antimon 104.
Antimonarsenfahlerz 126.
Antimonfahlerz 126.
Antimonglanz 112.
Antimonit 112.
Antimonnickel 115.
Antimonsilberblende 123.
Apatit 169.
Apophyllit 192.
Aquamarin 180 183.
Aragonit 154.
Arsen 105.
Arsenfahlerz 126.
Arsenikblüte 128.
Arsenkies 117.
Arsennickel 114.
Arsenolith 128.
Arsensilberblende 124.
Asbest 185.
Asche, vulkanische 222.
Asphalt 195.
Augit 184.
Augitandesit 217.
Augitsyenit 212.
Auripigment 112.
Avanturin 132.
Axinit 175.

Backkohle 197.
Bandachat 134.
Bandjaspis 132.
Baryt 159.
Basalt 218.
Basaltmandelstein 219.
Beauxit 143.
Bergkristall 131.
Bergmehl 135.
Bergteer 196.
Bernstein 195.
Beryll 183.
Bimsstein 220.
Biotit 177.
Biotitgranit 211.
Biotitgranulit 230.
Biotitsyenit 212.
Bittersalz 162.
Blackband 154.
Blätterkohle 197 198.
Blaueisenerde 171.
Blaueisenerz 170.
Blei 108.
Bleiglanz 120.
Bleivitriol 160.
Blende 113.
Blitzröhren 132.
Blöcke 224.
Blöcke, erratische 211 224.
Blöcke, vulkanische 222.
Bohnerz 144.
Bomben, vulkanische 222.
Boracit 167.
Borax 168.
Borsäure 143.
Bournonit 125.
Brauneisenerz 144.
Brauneisenstein 144 208.
Braunkohle 196 208.
Braunspat 153.
Braunstein 140.
Breccien 223.

Bitumen 198

Bronzit 186.
Brookit 137.
Buntbleierz 170.
Buntkupfererz 123.

Calcit 149.
Carnallit 148.
Cerussit 156.
Chabasit 193.
Chalcedon 133.
Chilesalpeter 149.
Chlorit 177.
Chloritgneis 229.
Chloritschiefer 177 209.
Chlorophan 147.
Chlorospinell 141.
Chlorsilber 147.
Chromeisenerz 142.
Chromgranat 183.
Chrysolith 181.
Chrysopras 133.
Cinnabarit 121.
Citrin 131.
Claudetit 128.
Cleveït 167.
Cölestin 159.
Cordierit 180.
Cuprit 141.
Cyanit 181.
Cyanitgranulit 230.

Dachschiefer 225.
Dacit 217.
Danait 118.
Desmin 194.
Diabas 217.
Diabasporphyrit 218.
Diallag 203.
Diamant 100.
Diamantspat 138.
Dichroit 180.
Diopsid 184.
Diorit 212.
Diorit, augitführender 212.
Dioritporphyrit 212.
Disthen 181.

Dolerit 219.
Dolomit 152 227.
Duckstein 225.

Eis 127 208.
Eisen 106.
Eisenblüte 155.
Eisenglanz 138.
Eisenglimmer 139.
Eisenkies 116.
Eisenkiesel 132.
Eisennickelkies 114.
Eisenrahm 139.
Eisenspat 154
Eisenvitriol 163
Eisspat 188.
Eläolith 187.
Eläolithsyenit 212.
Enhydros 133.
Enstatit 186.
Epidot 175.
Erbsenstein 155.
Erdöl 196.
Erdpech 195.

Fahlerz 125.
Fasergips 161.
Faserkohle 198.
Fassait 185.
Feldspat 187 188 189.
Feldspatbasalt 219.
Felsitpechstein 220.
Felsitporphyr 213.
Festungsachat 134.
Feueropal 135.
Feuerstein 134.
Flint 134.
Fluorit 147.
Flußspat 147.
Fraueneis 161.

Gabbro 213.
Gagat 198.
Galenit 120.
Galmei 153.
Gelbbleierz 165.
Gerölle 224.
Geschiebe 224.
Gips 161 208.
Glanzkobalt 118.
Glanzkohle 198.
Glaserz 120.
Glaskopf, brauner 144.
Glaskopf, roter 139
Glaskopf, schwarzer 140.
Glasopal 135
Glasurerz 121.
Glaubersalz 160.
Glimmer 176 177.
Glimmerandesit 217.
Glimmerdiorit 212.
Glimmerporphyrit 216
Glimmerschiefer 230.
Gneis 229.
Gold 109.
Göthit 144.
Granat 182.
Granit 210.
Granitit 211.
Granitporphyr 211.
Granulit 230.
Graphit 103
Graphitgneis 229.
Grauspießglanz 112.
Grauwacke 223.
Grauwackenschiefer 223.
Greenockit 114.
Griffelschiefer 225.
Grobkohle 198.
Grossular 183.
Grünbleierz 170.
Grünstein 217.
Grus 224.

Haarkies 114.
Hagel 127.
Halbopal 135.
Harmotom 193.
Hartmanganerz 140.
Hauerit 116.
Hausmannit 139.
Hauyn 190.
Heliotrop 133.
Hemimorphit 173.
Hessonit 183.
Heulandit 193.
Holz, bituminöses 197.
Holzopal 135.
Holzstein 132
Hornblende 185.
Hornblendeandesit 217.
Hornblendegneis 229.
Hornblendeporphyrit 216.
Hornblendeschiefer 186 209.
Hornsilber 147.
Hornstein 132.
Hyalit 135.
Hyazinth 137.
Hydrargillit 143.
Hypersthen 186.

Jaspis 132.
Ichthyophthalm 192.
Idokras 175.
Iserin 139.
Itakolumit 101.

Kainit 162.
Kali=Alaun 164.
Kalifeldspat 187.
Kaliglimmer 176.
Kalisalpeter 148.
Kalkfeldspat 189.
Kalkharmotom 194.
Kalknatronfeldspat 190.
Kalkspat 149.
Kalkstein 151 226.
Kalkstein, lithographischer 151.
Kalkstein, oolithischer 151.
Kalktuff 151.
Kallait 171.
Kammkies 117.
Kaneelstein 183.
Kännelkohle 198.
Kaolin 226.
Kaprubin 183.
Karfunkel 182.
Karneol 133.
Katzenauge 132.
Kerzenkohle 198.
Kies 224.
Kieselgur 135.
Kieselschiefer 132 208.
Kieselsinter 135 208.
Kieselzinkerz 173.
Kieserit 162.
Klingstein 216.
Klinochlor 178.
Kobaltglanz 118.
Kobaltnickelkies 115.
Kochsalz 145.
Kohlenblende 199.
Kohleneisenstein 154.
Konglomerate 223.
Korallenerz 122.
Korund 137.
Kreide 152.
Kreuzstein 193.
Krokoit 165.
Kryolith 148.
Kugeljaspis 132.
Kupfer 107.
Kupferblüte 141.
Kupferglanz 119.
Kupferkies 122.
Kupferlasur 157.
Kupfernickel 114.
Kupfervitriol 163.

Labradorit 190.
Lapilli 222.
Lapis Lazuli 190.
Lasurit 190.
Lasurstein 190.
Laterit 143.
Lava 221.
Lehm 226.

Lepidolith 177.
Leucit 186.
Leucitbasalt 218.
Leucitlava 222.
Leucitphonolith 216.
Lignit 196.
Limonit 144.
Linneit 115.
Liparit 215.
Lithionglimmer 177.
Löß 226.
Lydit 132.

Magnesiaglimmer 177.
Magnesit 152.
Magneteisenerz 142 209.
Magnetit 142.
Magnetkies 115.
Malachit 157.
Manganblende 114.
Manganit 143.
Mangankies 116.
Manganspat 153.
Marienglas 161.
Markasit 117.
Marmor 151.
Mattkohle 198.
Meerschaum 179.
Melanit 183.
Melaphyr 218.
Melaphyrmandelstein 218.
Mergel 226.
Mergelkalk 151.
Meroxen 177.
Meteoreisen 106.
Meteorsteine 106.
Mikroklin 188 204.
Milchquarz 132.
Millerit 114.
Mimetesit 170.
Minette (Erz) 145.
Minette (Gestein) 215.
Mißpickel 117.
Molybdänglanz 121.
Monazit 170.
Mondstein 188.
Morasterz 145.
Morion 131.
Muskovit 176.

Nadeleisenerz 144.
Näpfchenkobalt 105.
Naphtha 196.
Natrolith 192.
Natron-Alaun 164.
Natronfeldspat 188.
Natronkalkfeldspat 190.
Natronsalpeter 149.
Nephelin 186.
Nephelinbasalt 218.
Nickelkies 114.
Nigrin 136.
Nilstein 132.
Norit 213.
Nosean 190.

Obsidian 220.
Oligoklas 190.
Olivin 181.
Olivindiabas 217.
Olivingabbro 213.
Onyx 134.
Opal 134.
Opal, edler 134.
Opal, gemeiner 135.
Operment 112.
Orthoklas 187.
Orthoklasporphyr 214.

Paragonitschiefer 230.
Pechblende 166.
Pechkohle 197 198.
Pechstein 220.
Pechsteinporphyr 221.
Pegmatit 210.
Pennin 178.
Periklin 189.
Petroleum 196.
Phillipsit 194.
Phonolith 215.
Phosphorit 169.
Phyllit 230.
Pistazit 175.
Plagioklas 190 203
Plagioklasbasalt 218.
Platin 110.
Pleonast 141.
Polianit 140.
Polierschiefer 135.
Polyhalit 162.
Porphyr 213.
Porphyrit 216.
Porzellanerde 226.
Porzellanjaspis 132.
Probierstein 132.
Prochlorit 178.
Protogin 211.
Psilomelan 140.
Punktachat 134.
Pyrit 116.
Pyrolusit 140.
Pyromorphit 170.
Pyrop 183.
Pyroxen 184.

Quadersandstein 223.
Quarz 129.
Quarz, gemeiner 131.
Quarzdiabas 217.
Quarzdiorit 212.
Quarzfels 131.
Quarzit 131 223.
Quarzporphyr 213.
Quarzporphyrit 216.
Quarztrachyt 215.
Quecksilber 108.
Quecksilberfahlerz 126.
Quecksilberlebererz 122.

Raseneisenstein 145.
Rauchquarz 131.
Rauchtopas 131.
Rauschgelb 112.
Rauschrot 111.
Realgar 111.
Reif 127.
Reißblei 103.
Rhodonit 186.
Rhyolith 215.
Rogenstein 151.
Rosenquarz 132.
Rotbleierz 165.
Roteisenerz 139.
Roteisenstein 139 208.
Rötel 139.
Rotgiltigerz, dunkles 123.
Rotgiltigerz, lichtes 124.
Rotkupfererz 141.
Rotnickelkies 114.
Rubellit 174.
Rubin 137.
Rußkohle 198.
Rutil 136.

Salmiak 146.
Salpeter 148.
Samtblende 144.
Sand 224.
Sand, vulkanischer 222.
Sandkohle 197.
Sandstein 223.
Sanidin 188.
Sanidintrachyt 215.
Sapphir 137.
Sardonyx 134.
Sassolin 143.
Schalenblende 114.
Schaumgips 161.
Scheelit 165.
Scherbenkobalt 105.
Schieferkohle 198.
Schieferton 226.
Schnee 127.
Schörl 174.
Schriftgranit 210.
Schwefel 103.
Schwefelkies 116.

Schwerspat 159.
Seesalz 145.
Seidengips 162.
Seifenzinn 136.
Senarmontit 129.
Serpentin 179 209.
Serpentinasbest 179.
Siderit 154.
Silber 108.
Silberamalgam 109.
Silberfahlerz 126.
Silberglanz 120.
Sinterkohle 197.
Skapolith 187.
Skolezit 192.
Smaragd 183.
Smirgel 138.
Soda 158.
Spargelstein 169.
Spateisenstein 154 208.
Speckstein 178.
Speerkies 117.
Speiskobalt 119.
Sphärosiderit 154.
Sphen 191.
Spinell 141.
Sprudelstein 155.
Staurolith 173.
Steatit 178.
Steinkohle 197 208.
Steinöl 196.
Steinsalz 145 208.
Stilbit 193.
Stinkkalk 151.
Strahlkies 117.
Strahlstein 185.
Strontianit 155.
Struvit 172.
Sumpferz 145.
Syenit 211.
Sylvin 146.

Tafelschiefer 225.
Talk 178.
Talkschiefer 178 209.
Tigerauge 132.
Tinkal 168.
Titaneisenerz 139.
Titaneisensand 139.
Titanit 191.
Ton 226.
Toneisenstein 144.
Tonglimmerschiefer 230.
Tonschiefer 225.
Topas 180.
Torf 195.
Trachyt 215.
Trachytpechstein 221.
Traß 225.
Tremolit 185.
Tridymit 134.
Tripel 135.
Trona 158.
Tropfstein 151.
Tuffe 224.
Tungstein 165.
Türkis 171.
Turmalin 174.
Turmalingranulit 230.
Turnerit 170.

Ultramarin 191.
Umbra, kölnische 197.
Uranpecherz 166.
Urao 158.

Valentinit 129.
Vesuvian 175.
Vitriolbleierz 160.
Vivianit 170.

Wad 140.
Wasser 126.
Wasserkies 117.
Wavellit 171.
Weichmanganerz 140.
Weißbleierz 156.
Weißstein 230.
Wetzschiefer 225.
Wiesenerz 145.
Wismut 105.
Witherit 156.
Wolframit 166.
Wolkenachat 134.
Wulfenit 165.
Wurtzit 114.

Zahntürkis 171.
Zeichenschiefer 225.
Zeolithe 191.
Zinkblende 113.
Zinkspat 153.
Zinkvitriol 163.
Zinnober 121.
Zinnstein 135.
Zinnwaldit 177.
Zirkon 137.